

Untersuchung des Planfräsverfahrens am Beispiel beschichteter Möbelteile

Über das Prinzip des Planfräsverfahrens zur Bearbeitung von Vollholz wurde in [1] bereits berichtet. Prinzipiell ist das Planfräsverfahren durch Einsatz zweier entgegengesetzt geneigter Werkzeuge (Abb. 1), ähnlich Zerspanerwerkzeugen, zur Formatbearbeitung geeignet. Wie bei der Vollholzbearbeitung bewirkt der geringe Einstellwinkel eine stark verminderte Spandicke, wodurch eine entscheidend verbesserte Bearbeitungsqualität erwartet werden kann. Der erste Teil dieses Beitrages behandelt den Einfluß des Einstellwinkels. Von Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel, Dr. sc. techn. Johannes Tröger und Dr.-Ing. Miklos Lang¹⁾.

Problemstellung

Bei einem Formatbearbeitungsverfahren sind hinsichtlich Bearbeitungsqualität zwei Kriterien wichtig, die Güte der Schnittkante (gekennzeichnet durch ihre Geradlinigkeit und mehr oder weniger große Kantenausbrüche im Beschichtungswerkstoff) sowie die Güte der bearbeiteten Schmalfläche Kanten-

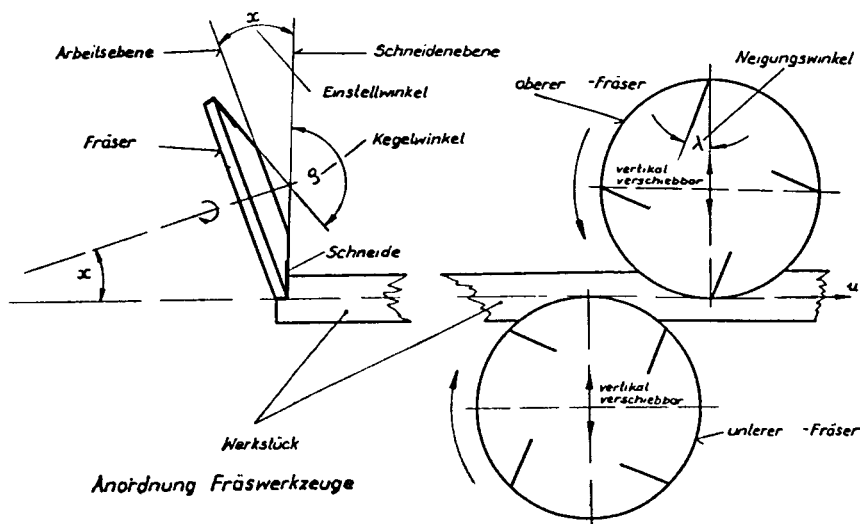
und Schmalflächenqualität gemeinsam sollen unter dem Begriff Bearbeitungsqualität verstanden werden.

Während es schon gute Beurteilungs- und Meßmethoden zur Bestimmung des Kantenausbruches gibt [2, 3], kann die Qualität der Schmalfläche leider bislang nur visuell eingeschätzt werden. Entscheidend ist der visuelle Eindruck der beschichteten Kante. Dieser Eindruck wird zwar von der Bearbeitungsqualität entscheidend mit bestimmt, aber auch

stark vom Beschichtungsvorgang (Art des Beschichtungsverfahrens wie z. B. Rollen- oder Gleitschuhandrucksystem, Art des Klebers, der Dicke des Beschichtungswerkstoffes sowie dessen Oberflächenbeschaffenheit) beeinflusst. Die Bearbeitungsqualität der Schmalfläche wird nicht nur vom Bearbeitungsverfahren selbst, sondern auch noch von der Beschaffenheit der Mittellage bedingt. Besonders negativ wirken sich dicke Späne innerhalb der Mittellage aus. Diese Partikel sind infolge ihrer geringeren spezifischen Oberfläche mit weniger Klebstoff als die wesentlich dünneren Späne der Deckschicht versehen. Die Folge ist, daß besonders bei Fräsverfahren grobere Späne aus der Mittellage herausgerissen werden können. Zur Verbesserung der Ebenheit der Schmalfläche (Beseitigung herausragender einzelner Späne) werden deshalb häufig bei Fräsverfahren Schmalflächenschleifeneinrichtungen genutzt. In der Praxis der Formatbearbeitung werden nach wie vor noch die Werkzeuge nach Kriterien des Kantenausbruches, der visuell eingeschätzt wird, gewechselt. In seltenen Fällen werden Werkzeuge wegen nicht ausreichender Schmalflächenqualität ausgebaut. Aus diesen Gründen soll zunächst der Kantenausbruch als Qualitätskriterium dienen. Wie Untersuchungen [4] zeigten, verändert sich der Kantenausbruch z. B. durch fortschreitenden Schneidenschleiß stärker als die Güte der Schmalfläche, deren Welligkeit untersucht wurde.

Wie bereits in [5] beschrieben, ist der Mechanismus der Qualitätsbildung bei Kreissäge- und Fräsverfahren unterschiedlich. Die größten Kantenausbrüche entstehen an der stärksten Stelle des Spanes. Deshalb verbleiben die Kantenausbrüche auf der Oberfläche des Werkstückes beim Kreissagen (Abb. 2a). Bei Fräsverfahren hingegen werden die größten Kantenausbrüche durch die nachfolgenden Schneiden wieder beseitigt (Abb. 2b). Kantenausbrüche im Bereich des ersten Drittels des Eingriffswinkels werden nicht mehr durch die nachfolgenden Schneiden beseitigt. Beim Planfräsen trifft dies ebenfalls zu, jedoch ist die Spandicke erheblich verringert, wodurch die Kantenausbrüche adäquat minimiert werden (Abb. 2c). In diesem Bereich der Qualitätsbildung ist die Schneide weniger als in den anderen Schneidenabschnitten beansprucht, da die Länge des Spanbogens, der diesem Schneidenabschnitt zugeordnet wird, sehr kurz ist. Dort, wo die Kantenqualität gebildet wird, ist die Schneide noch verhältnismäßig scharf (Abb. 3). Dadurch entsteht ein echter ziehender Schnitt, d. h. die Schneide schiebt sich über den Beschichtungswerkstoff des Werkstückes, wodurch die bei einigen Melaminharzbeschichtungen typische örtliche hochgradige Abstumpfung des Schneidkeiles entfällt, weil die ver-

Abb 1a Verfahrensprinzip Planfräsen/Formatbearbeitung Abb 1b zeigt die Motorstellungen



¹⁾ Prof. Heisel ist Direktor des Instituts für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart mit dem Versuchsfeld für Holzbearbeitungsmaschinen, Dr. Tröger ist Leiter des Versuchsfeldes und Dr.-Ing. Lang ist Dozent der Universität Sopron/Ungarn

ZERSPANWERKZEUGE

schleißende Wirkung des Beschichtungswerkstoffes sich auf die im Eingriff befindliche Schneidenlänge verteilt. Wird der Werkzeugträgermotor mit dem Werkzeug senkrecht zur Plattenebene verschoben (von außen nach innen), kann ein neuer, d. h. scharfer Schneidenabschnitt zum Eingriff gebracht und der Standvorschub reproduziert werden. Durch die Bewegung des Schneidkeiles in seiner Längsrichtung wird der Wirkkeilwinkel schlanker (vergl. [6]), wodurch die Zerspankraft vermindert wird. Deshalb ist durch Nutzung der Wirkung des Einstellwinkels bei der Formatbearbeitung eine erhebliche Qualitätsverbesserung gegenüber herkömmlichen Bearbeitungsverfahren, bei denen der Einstellwinkel 0°, 45° bzw. 90° beträgt, mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten.

Einflußgrößen

Folgende Einflußgrößen können neben dem Einstellwinkel (χ) eine mehr oder weniger große Wirkung auf die Bearbeitungsqualität haben.

1. Geometrische, werkzeugseitige Einflußgrößen.
 - Neigungswinkel (λ)
 - Keilwinkel (β)
 - Spanwinkel (γ)
 - Freiwinkel (α) und
 - Achsneigungswinkel (λ_A).
 2. Verfahrenstechnische Einflußgrößen.
 - Vorschubrichtungswinkel (Gleich- und Gegenlauf)
 - Bearbeitungszugabe (b),
 - Eingriffstiefe („e“) und
 - Zahnvorschub f_z (Drehzahl, Schneidenanzahl, Vorschubgeschwindigkeit.)
 3. Werk- und schneidstoffseitige Einflußgrößen
- Die Eigenschaften des zu bearbeitenden Werkstoffes bestimmen ebenso wie die Eigenschaften des Schneidstoffes die Qualität und Effektivität des Spanungsvorganges mit Sicherheit lohnt es sich, über die Gestaltung eines agglomerierten, beschichteten Holzwerkstoffes hinsichtlich seiner Bearbeitbarkeit nachzu-

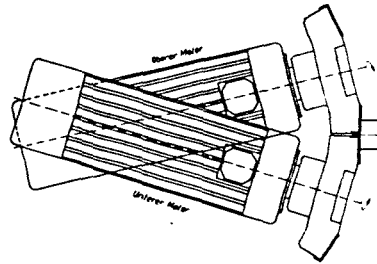


Abb 1b

denken, jedoch müssen zur Zeit die vorliegenden Werkstoffe als gegeben betrachtet werden. Ebenso muß bei einer Verfahrensentwicklung die Art des später einzusetzenden Schneidstoffes zunächst ausgeklammert werden, um den Versuchsaufwand vertretbar zu halten.

Versuchsmethodik

Hauptzielgrößen des Spanungsprozesses „Formatieren“ sind

- Gewährleisten einer optimalen Bearbeitungsqualität,
- möglichst lange Standvorschubwege,
- minimale Bearbeitungskosten (bezogene Kosten/Anschaffungskosten),
- Bearbeitbarkeit aller vorkommenden Werkstoffe und Beschichtungen mit einem einzigen Bearbeitungsverfahren,
- hohe Mengenleistung (angepaßte Vorschubgeschwindigkeit) und
- geringe Larmentwicklung und minimaler Energiebedarf.

Formal betrachtet ergeben sich aus der Anzahl der möglichen Einfluß- und Zielgrößen eine nahezu unendlich erscheinende Anzahl möglicher Versuchsvarianten. Auch mit Hilfe optimierter Versuchspläne ist die Lösung der Problematik in einem vertretbaren Zeitraum nicht möglich. Deshalb müssen neue Wege beschritten werden. Bei allen Bearbeitungsverfahren entsteht schon bei scharfer Schneide ein mikroskopisch meßbarer Kantenausbruch ($X_K = X_A$), der mit fortlaufendem Schneidenschnittweg (w_s) größer wird. Nach Erreichen eines maximal zulässigen Wertes ($X_K = X_E$) wird aus dem Schneidenschnittweg (w_s) bzw. aus

dem Vorschubweg (l) der sogenannte Standschneidenschnittweg (w_t) bzw. der Standvorschubweg (l_t). Für den Kantenausbruch (X_K) gilt:

$$X_K = X_A + cw_s \quad (1)$$

Der Kantenausbruch bei scharfer Schneide (X_A) wird von einem werkstoffspezifischen Wert (X_O), vom Zahnvorschub (f_z) und von einer Konstanten (k) bestimmt

$$X_A = X_O + kf_z \quad (2)$$

Wird die Beziehung (2) in (1) eingefügt, erhält man für den Kantenausbruch.

$$X_K = X_O + kf_z + cw_s \quad (3)$$

Für den Schneidenschnittweg (w_s) gilt.

$$w_s = (X_K - X_A) \cdot c \quad (4)$$

Wird der maximal zulässige Endwert des Kantenausbruches erreicht, dann wird der Schneidenschnittweg zum Standschneidenschnittweg:

$$X_K = X_E, w_s = w_t, w_t = (X_E - X_A) \cdot c \quad (4a)$$

Der Schneidenschnittweg (w) wird aber auch vom Vorschubweg (l), der Länge des Spanbogens (S_B) und vom Schnittvorschub (s_s) bestimmt

$$w_s = l (S_B/s_s), s_s = u/n \quad (5,5a)$$

$$w_t = l_t (S_B/s_s), w_t = \text{Standschneidenschnittweg} \quad (6)$$

Durch Gleichsetzen der Gleichungen (4a) und (6) und Auflösen nach dem Standvorschubweg (l_t) ergibt

$$l_t = s_s / (c S_B) \cdot (X_E - X_O - (ku)/(nz)) \quad (7)$$

Dabei bedeuten:

- X_K Kantenausbruch nach einem bestimmten Schneidenschnittweg w_s ,
- X_A Kantenausbruch bei scharfer Schneide (Anfangskantenausbruch),
- X_O Schnittpunkt der Funktion $X_K = f(f_z)$ mit der Ordinate bei $f_z = 0$,
- w_s Schneidenschnittweg (Weg, den die Schneide schneidend zurücklegt),
- w_t Standschneidenschnittweg,
- c Proportionalitätsfaktor,
- S_B Spanbogenlänge, $S_B = 0,5 D \arccos \varphi_E$

$$\varphi_E = \arccos(1 - 2a_e/D)$$

- a_e Eingriffgröße,
- s_s Schnittvorschub, $s_s = u/n$, u = Vorschubgeschwindigkeit, n = Drehzahl,
- f_z Zahnvorschub, $f_z = u / (nz)$, z = Schneidenanzahl,

Abb 2 Zur Entstehung des Kantenausbruches

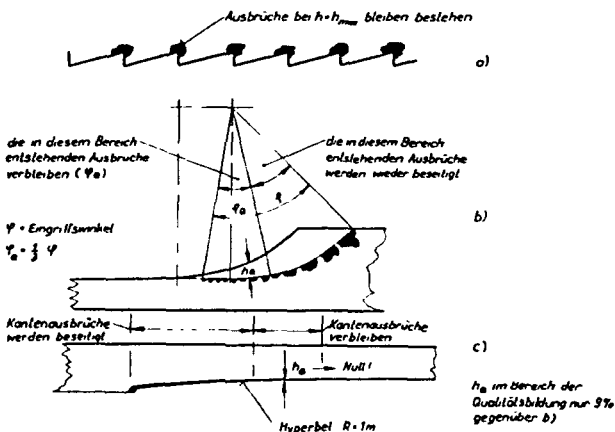
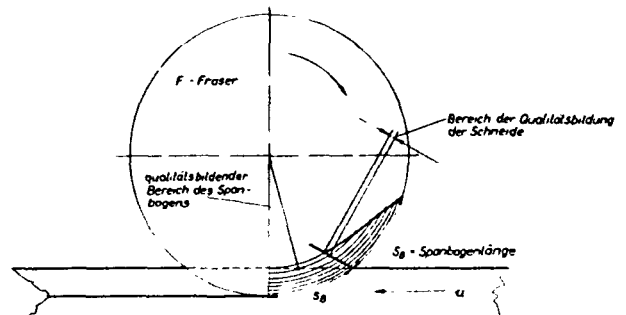


Abb 3 Ziehender Schnitt beim Planfräsen



ZERSPANWERKZEUGE

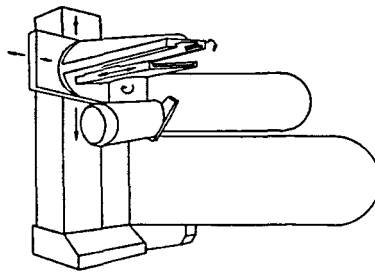


Abb 4 Werkzeugträger (Prinzipdarstellung)

Kantenausbruch möglichst groß sein. Dies kann durch Wahl einer einzigen Schneide, eines sehr großen Zahnvorschubes (f_z) und eines großen Keilwinkels realisiert werden.

Erst nach grober Schätzung bestimmter Optimalbereiche kann mit der eigentlichen Optimierung der „Schneidengeometrie“, d. h. der Schneidkeilgestalt, begonnen werden. Die hierfür erforderlichen aufwendigen Abstumpfungsversuche sind dadurch mit einem vertretbaren Aufwand zu realisieren.

Beschreibung der versuchstechnischen Einrichtung

Versuchsmaschine:

Als Versuchsmaschine wurde ein herkömmlicher Doppelendprofiler vom Typ ADFK (Mihoma, Leipzig) gewählt. Die Vorschubgeschwindigkeit konnte im Bereich von 4 bis 18 m/min und die Drehzahl mit $n = 3000$ und $n = 6000 \text{ min}^{-1}$ gewählt werden. Der für die Versuche genutzte Werkzeugträgermotor kann um zwei Achsen geschwenkt, horizontal, vertikal und in Vorschubrichtung bewegt werden (Abb 4).

Versuchswerkzeuge:

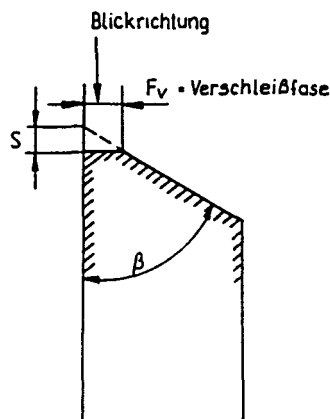
Das Versuchswerkzeug muß die Variabilität folgender Winkel ermöglichen Einstellwinkel im Bereich von 0 bis 90 Grad,

Neigungswinkel im Bereich von -10 bis 45 Grad,

Keilwinkel im Bereich von 40 bis 90 Grad und

Spanwinkel im Bereich von -20 bis 20 Grad

Abb 5 Prinzipdarstellung Verschleißfasenbreite



Es ist sehr schwierig, mit einem einzigen Werkzeug allein diese Forderungen zu erfüllen. Günstiger ist es, wenn zunächst der Einfluß des Einstellwinkels mittels eines variablen Versuchswerkzeuges untersucht wird. Das gewählte Versuchswerkzeug entspricht einem modifizierten Schwenkmesserkopf. Das Klemmsystem wurde so gestaltet, daß ein Einsatz als Planfräser ($\chi = 0$ Grad) möglich wurde. Der gewünschte Einstellwinkel (Winkel zwischen Arbeits- und Schneidenebene) wird durch Drehen des Schwenkteiles und Spannen der Klemmschrauben eingestellt und mit Hilfe eines Präzisionswinkelmessers kontrolliert.

Neigungs-, Keil- und Spanwinkel können relativ einfach in einem Versuchswerkzeug variiert werden, dessen Einstellwinkel nicht veränderlich ist. Der Neigungswinkel wird durch Drehen der Messerträger variiert. Durch Einsatz unterschiedlicher Messerträger kann der Spanwinkel und mittels verschiedener Messer können Keil- und Freiwinkel verändert werden. Die Überprüfung des konkret eingestellten Neigungswinkels erfolgte wiederum mit Hilfe eines Präzisionswinkelmessers

Meßtechnik.

Von Interesse sind Kantenausbruch, Verschleiß, Leistung und Schallemission. Wie bereits erwähnt, kann infolge der Vielfalt der möglichen Kombinationen der Versuchsparameter nur ein eng eingeschränkter Versuchsaufwand betrieben werden. Verschleiß, Leistung und Schallemission sollen nur im Optimalbereich ermittelt werden.

Kantenausbruch:

Zur Bestimmung des Kantenausbruches diente ein modifiziertes Werkstattmikroskop ($V = 50$). Mittels eines Wagens kann das Mikroskop exakt an der auszumessenden Schnittkante entlang geführt werden. Die zu bewertende Schnittkante wurde in Abschnitte einer Länge von 50 mm eingeteilt. Je Abschnitt wurde der größte Kantenausbruch bestimmt und der Mittelwert der Probe berechnet. Da infolge der Inhomogenität des Versuchswerkstoffes mit Streuungen zu rechnen war, wurden je Versuchspunkt fünf Proben einer Länge von 500 mm ausgewertet (50 Einzelmessungen je Versuchspunkt). Die einfachste Bestimmung einer aussagefähigen Verschleißgröße in die Messung der Verschleißfasenbreite F_v (Abb 5). Aus der Kenntnis der Verschleißfasenbreite, der zur Verfügung stehenden Schneidstoffmenge können das Scharfmaß S und die Anzahl der möglichen Nachscharfungen berechnet werden. Deshalb ist die Verschleißfasenbreite eine aussagefähige Kenngröße, die mit einer relativ einfachen Meßtechnik ermittelt werden kann. Hierzu genügt ein einfaches herkömmliches Werkstatt-Meßmikroskop mit einer fünfzigfachen Vergrößerung

D: Schneidenflugkreisdurchmesser,

φ_E : Eingriffswinkel und

l: Vorschubweg, l_t : Standvorschubweg (Vorschubweg bis zum Werkzeugwechsel).

Der Kantenausbruch bei scharfer Schneide (X_A) ist bereits schon ein wesentliches standwegbestimmendes Qualitätskriterium. Seine Größe wird sowohl von den Eigenschaften des Werkstoffes (Faktor k und c) als auch vom Zahnvorschub (f_z) bestimmt. Die Faktoren k und c werden aber auch von werkzeugseitigen Größen beeinflusst. Die abstumpfende Wirkung des Spanungswerkstoffes und der Verschleißwiderstand des Schneidstoffes werden gemeinsam durch den Faktor c beschrieben.

Die Faktoren k und c sind daher sehr wichtige Optimierungskriterien, die, um möglichst lange Standvorschubwege zu ermöglichen, minimiert werden müssen. Der zulässige maximale Kantenausbruch (X_E) bestimmt entscheidend den erreichbaren Standvorschubweg, jedoch wird dieser Wert durch Qualitätsansprüche festgeschrieben und ist deshalb kein Optimierungskriterium

Diese Aussagen treffen aber nur dann zu, wenn ein sogenanntes „klassisches Vorschubwegverhalten“ vorliegt, d. h. mit steigendem Vorschubweg wachsen die Kantenausbrüche bis sie einen maximal zulässigen Wert erreicht haben. Danach muß ein Werkzeugwechsel vorgenommen werden. Diese Annahmen treffen aber nicht immer zu. Besonders bei der Bearbeitung dünner einlagiger Beschichtungen, z. B. bei empfindlichen Melaminschichten, treten plötzlich größere untypische Kantenausbrüche auf, verursacht durch ein Herausdrücken groberer Späne in der Deckschicht durch Radialkräfte der Schneide /6/. Die Schnittkante ist dabei allgemein noch fest und weist im mikroskopischen Bereich keine nennenswerten Ausbrüche auf

Auch das Auftreten derartig großer Ausbrüche im Millimeterbereich kann als ein Kriterium zur Optimierung genutzt werden. Neben der Kantenqualität ist aber auch die Schmalflächenqualität einzubeziehen, die allerdings zur Zeit nur visuell beurteilt werden kann.

Zur Eingrenzung möglicher Optimalbereiche, ohne dabei den Anspruch zu erheben, das Optimum selbst gefunden zu haben, sollen deshalb als Optimierungskriterien zunächst nur der

- Kantenausbruch bei scharfer Schneide (x_A),
 - der Anstieg der Funktion Kantenausbruch/Vorschubweg,
 - die Schmalflächenqualität und ggf
 - das Auftreten großer untypischer Kantenausbrüche
- herangezogen werden.

Zuerst soll der Kantenausbruch (x_A) bei scharfer Schneide in Abhängigkeit von den zu betrachtenden Einflußgrößen untersucht werden. Um dabei meßbare Ergebnisse zu erhalten, muß dieser

Lärmmessung

Zur Messung des Schallpegels an der Versuchsmaschine diente ein handelsüblicher integrierender Präzisionsschallpegelmessgerät vom Typ 00026 (Robotron Meßelektronik, Dresden). Das Mikrofon wurde in einer Höhe von 400 mm senkrecht über der Eingriffstelle des Werkzeuges platziert. In dieser Entfernung stimmen bei einer punktförmigen Schallquelle Schalldruck- und Schallleistungspegel überein. Gemessen wurde der A1-bewertete Schalldruckpegel mit einer Integrationskonstante von zwei Sekunden.

Leistungsmessung

Mittels eines handelsüblichen Leistungsschreibers (R 60, RAW Treptow), der in die Stromzuführung des Werkzeugtragemotors eingeschleift wurde, konnte die momentane Leistungsaufnahme bestimmt werden.

Zum Einfluß des Einstellwinkels

Der Einstellwinkel (χ) bestimmt die Durchdringungsfigur von Werkzeug und Werkstück [1]. Im Bereich größer als 0 Grad und kleiner als 45 Grad ist die Durchdringungsfigur einer Hyperbel, bei $\chi = 0$ Grad eine Gerade. Die Durchdringungsfigur ist in Abb 6 dargestellt. Bei der Bearbeitung von beschichteten Mobelspanplatten mit einem Einstell-

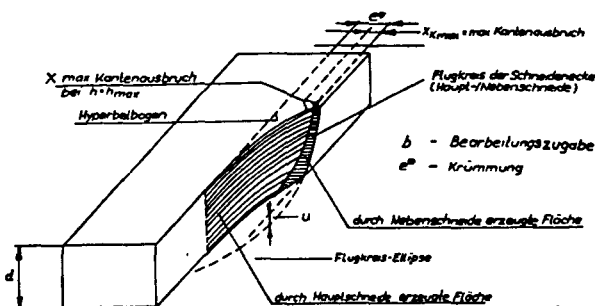
winkel von 0 Grad, wird der von der Schneidenecke gebildete Kantenausbruch nicht mehr von der nachfolgenden Schneide beseitigt (vergleiche auch Abb 2a). Mit wachsendem Einstellwinkel wird der Hyperbelbogen immer mehr gekrümmt, d.h. die von der Schneidenecke verursachten Kantenausbrüche werden von den nachfolgenden Schneiden durch die Krümmung zunächst teilweise und mit größer werdender Krümmung vollkommen beseitigt (Abb 7). Diese Krümmung (e^*) wird vom Einstellwinkel (χ) und der Eingriffstiefe („e“) bestimmt (Abb 7):

$$e^* = „e“ \tan(\chi) \quad (10)$$
 Beispielsweise bewirkt ein Einstellwinkel von $\chi = 5$ Grad bei einer Eingriffstiefe von „e“ = 8 mm eine Krümmung $e^* = 0,7$ mm. Der größer werdende Einstellwinkel bewirkt zunächst, daß die auftretenden Kantenausbrüche kleiner werden. Dadurch steigt aber auch die Spandicke wieder an, weshalb nach Durchlaufen eines Minimums wieder ein Anstieg des Kantenausbruchs zu erwarten ist.

Die Untersuchungen wurden unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Keilwinkel	$\beta = 70$ Grad,
Spanwinkel	$\gamma = 10$ Grad,
Neigungswinkel	$\lambda = 20$ Grad,
Achsneigungswinkel	$\lambda_A = 0$ Grad.

Abb 6 Darstellung der Durchdringungsfigur des Werkzeugs



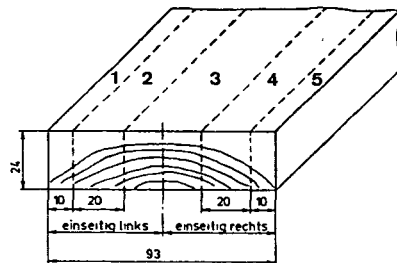
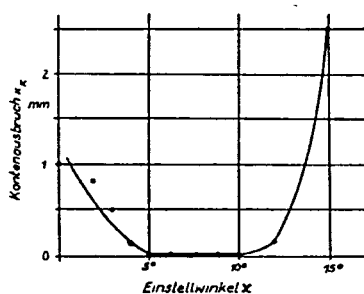
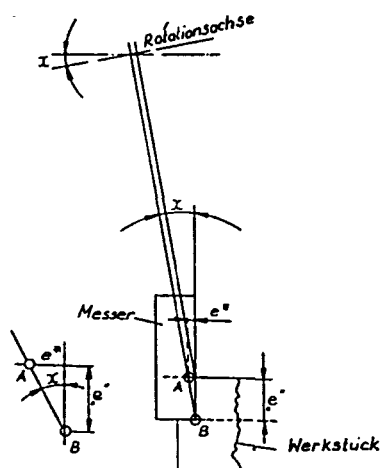


Abb 8 Einfluß des Einstellwinkels auf den Kantenausbruch (Bildnachweis IfW)

Bearbeitungszugabe $b = 1,5 \text{ mm}$,
 Vorschubgeschwindigkeit $u = 18 \text{ m/min}$,
 Vorschubrichtungswinkel Gegenlauf,
 Drehzahl $n = 3000 \text{ min}^{-1}$,
 Schneidenanzahl $z = 1$,
 Flugkreisdurchmesser der Schneidenecke $D = 200 \text{ mm}$,
 Spannungswerkstoff Spanplatte Dicke $d = 16 \text{ mm}$ und Beschichtung Melamin (einlagig).

Das Ergebnis der experimentellen Untersuchungen zum Einfluß des Einstellwinkels auf den Kantenausbruch bei scharfer Schneide ist in Abb. 8 dargestellt. Deutlich ist zu erkennen, daß im Bereich des Einstellwinkels zwischen 5 und 10° tatsächlich ein Minimum des Kantenausbruches zu beobachten ist. Zunächst ist es verblüffend, daß bei einer Drehzahl von $n = 3000 \text{ min}^{-1}$, einer einzigen Schneide und mit einem Keilwinkel von $\beta = 70^\circ$ eine nahezu ausbruchfreie Schnittkante (Ausbruch $\leq 0,01 \text{ mm}$) mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 18 m/min realisiert werden kann. Dies entspricht einem Zahnvorschub von 6 mm . Mit derart hohen Zahnvorschub konnte bislang noch keine gute Kantenqualität erreicht werden, üblich sind Zahnvorschube von etwa einem Millimeter. Bei einem Einstellwinkel von 90° wurden unter vergleichbaren Bedingungen Kantenausbrüche in der Größenordnung eines Millimeters entstehen. Wiederholungsversuche (mit drei Werkzeugen der Einstellwinkel $5, 8$ und 12°) ergaben prinzipiell das gleiche Resultat.

Die nachweisbare gravierende Qualitätsverbesserung durch einen Einstellwinkel im Bereich von 5 - 10° Grad wird hauptsächlich durch die verringerte Spandicke bewirkt. Die folgenden Untersuchungen sollen deshalb mit den Einstellwinkeln $\chi = 5$ und $\chi = 8^\circ$ vorgenommen werden. Sie berücksichtigen den Einfluß des Keilwinkels, des Neigungswinkels, des Achs- und Maschineneigungswinkels und des Spanwinkels. (Wird fortgesetzt)

Literatur

[1] Tröger J., Lang M.: Hobelfrasen mit

- ▼ Abb 7: Zur Ermittlung der Krümmungstiefe vermindertem Wellenschlag, HOB 11/90, S. 43-49.
- [2] Knospe L.: Werkstandard WHIS 337, WTZ Holz Dresden, Oktober 1984, Oberflächenvergütete Werkstoffe aus Faser- und Spanplatten - Bestimmung von Kantenschäden.
- [3] Salje E., Druckhammer J.: Kantenschärftigkeitsmessungen an beschichteten Spanplatten, Holz-Zentralbl., Heft 122/85, S.: 1782-83, 149/85, S.: 2065-66, und Wegaufnehmer für hohe Tastgeschwindigkeiten, Technisches Messen, Heft 7/8 1985, S: 288-91
- [4] Tröger J., Kröppelin D., Läuter G.: Zur Beurteilung der Bearbeitungsqualität der Schmalflächen beschichteter Möbelbauteile, Holztechnologie, Leipzig 20 (1979) 1, S 3-5.
- [5] Troger J., Lauter G.: Zum Einfluß von Rundlaufabweichungen auf Bearbeitungsqualität und Standvorschubweg beim Frasen, Holztechnologie, Leipzig 24 (1983) 2, S. 72-75
- [6] Troger J.: Einfluß des Neigungswinkels beim Umfangs- und Stumpfzfräsen, HOB 6/90, S. 34-43.
- [7] Troger J.: Vergleich der Formatbearbeitungsverfahren Kreissägen und Stutzfräsen nach ausgewählten Bewertungskriterien, Holztechnologie, Leipzig 30 (1990) 6, S. 298-302
- [8] Lang M.: Untersuchungen zur Entwicklung eines kombinierten Plan- und Umfangsfräsverfahrens (Planfräsen) mit kegelstumpfförmigen Werkzeugen zur Bearbeitung von Holz und holzähnlichen Kombinationswerkstoffen, Dissertationsschrift, Sopron 1989.

HOB-KENNZIFFER

86