

Wirtschaftliche Teilefertigung bis Losgröße 1

Holzprodukte nahezu beliebig frei gestalten und dabei auch noch wirtschaftlich herstellen zu können, ist ein erstrebenswertes Ziel. Es setzt die Anwendung der NC-Technik voraus. Kommt die auftragsgebundene Teilefertigung hinzu und damit die zwingende Wirtschaftlichkeit auch bei kleinsten Losgrößen, dann erfordert das zusätzlich höchste Flexibilität und die Ausschöpfung jeder Möglichkeit zur Kostensenkung. Universelle Patentlösungen gibt es dafür nicht – es wäre jedoch falsch, von vornherein anzunehmen, bei einem bestimmten Teilespektrum sei nur eine gewisse Mindeststückzahl wirtschaftlich. Es ist vielmehr so, daß man sich die Lösung des Problems im Einzelfall gründlich erarbeiten muß. Dazu muß man bereit und entschlossen sein. – Von Dipl.-Ing. Paul-Heinz Beyer¹⁾.

Grundvoraussetzungen

Auf der Basis der NC-Technik ist die Wirtschaftlichkeit bei kleinen Losgrößen und Einzelstücken von drei weiteren Voraussetzungen abhängig (Abb. 1): nämlich von der Einrichtung des Bearbeitungsablaufs, das heißt Erstellung und Handling des Bearbeitungsprogramms müssen so organisiert werden, daß das Programm keinen bedeutenden Zeit- und Kostenfaktor darstellt. Außerdem müssen die benötigten Werkzeuge immer einsatzbereit und schnellwechselbar zur Verfügung stehen. Es müssen besonders die Herstellkosten und Ein-

richtzeiten für die Werkstückspannvorrichtungen gering gehalten werden.

NC-Programm

Es bereitet heute keine wesentlichen Schwierigkeiten mehr, den Zeitaufwand für das Daten- und Programmhänding auf ein Minimum zu reduzieren. Es gibt gute Software für CAD- und sonstige Rechnerunterstützung. Programme bei Wiederholaufträgen können zugriffsbereit vorliegen, und bei einmaligen Aufträgen kann die kostengünstige und schnelle Programmerstellung durch Parametertechnik oder durch Digitalisieren mit Weiterverarbeiten oder – und das besonders – mit Hilfe von CAD erfolgen.

Für viele Sparten gibt es inzwischen spezielle Software, die nach wenigen Parametereingaben automatisch das NC-Programm für das jeweilige Einzel-

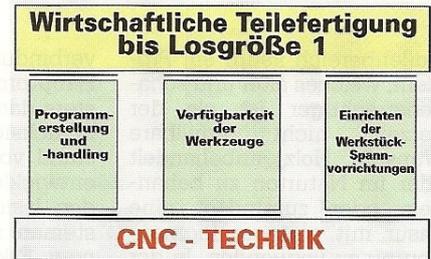


Abb. 1: Ausgangsbasis für kleine Losgrößen

teil generiert. Als Beispiel dafür und als Denkanstoß dient Abb. 2 für die Programmerzeugung bei Wohnungstüren. Man muß nur wenige Eingaben über die Tastatur und durch Anklicken mit dem Cursor machen, das Außenprofil wählen und Höhe und Breite der Tür eingeben. Dann folgt die Angabe der Türblattdicke und im nächsten Schritt die Schloß-Auswahl. Die Menüwahl geht weiter mit der Bandart (Einbohren, Einfräsen oder zunächst ohne) und mit Bandtyp und Eingabe der Bandbezugsmaße usw. Weiter sind dann Ausschnitte zu wählen, wie beispielsweise in Abb. 2, ein Lüftungsschlitze oben in einer rechteckigen Tür oder zwei Lüftungsschlitze und Wahl der Anschlagart DIN rechts oder links.

Alle möglichen Ausführungen werden von der Software berücksichtigt, beispielsweise rechteckige Türen mit frei positionierbarem Lichtausschnitt bei variablen Abmessungen oder mit Briefkastenschlitz, Spionbohrung und Dreifachverriegelung, aber auch Türen mit Rund- oder Stichbogen mit Ausschnitt oder Stiltüren mit doppelt geschweiften Füllungen. Wie eine Tür auch gestaltet sein mag, das NC-Programm ist in ein bis zwei Minuten lauffähig erstellt.

Werkzeugbereitstellung

Ein Werkzeugrüstaufwand sollte besonders bei kleinen Losgrößen und notwendiger Flexibilität so gut wie nicht vorhanden sein. Das erfordert voreingestellte Werkzeuge und Arbeitsspindeln mit Steil- oder Hohlschaftkegel und automatischem Einzugsystem.

¹⁾ Der Beitrag beruht auf einem Vortrag auf dem Rosenheimer Seminar 1994, das an der Fachhochschule Rosenheim durchgeführt wurde. Der Verfasser ist Leiter der Entwicklung und Konstruktion bei der Maschinenfabrik Reichenbacher GmbH in Dörfles-Esbach bei Coburg.

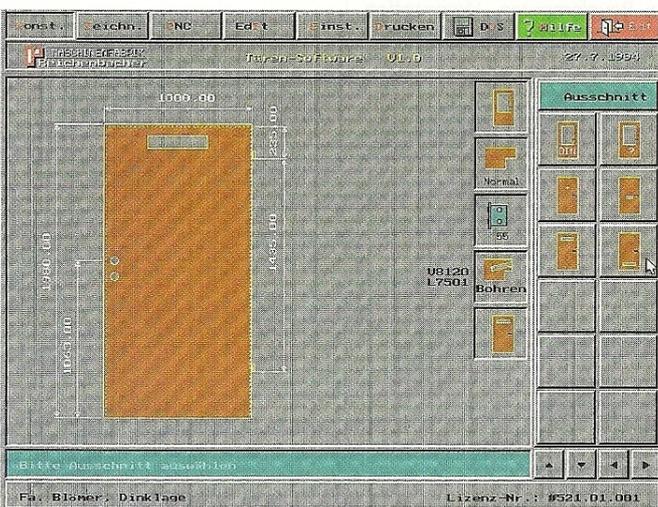
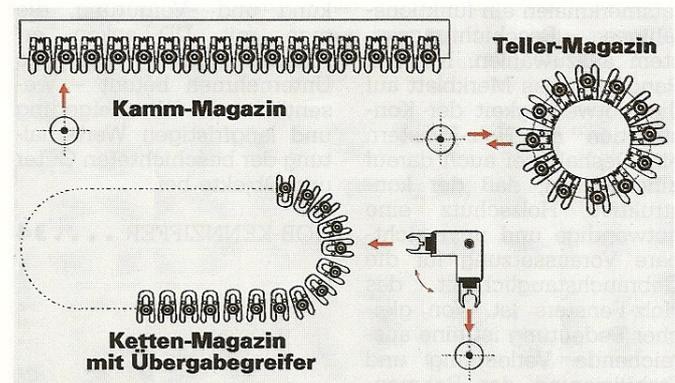


Abb. 2: Auswahl und Ausschnitt von Türen

Abb. 3: Hauptprinzipien Werkzeugmagazine



Allerdings bedingt das nicht zwangsläufig ein Werkzeugmagazin an der Maschine, denn das ist abhängig von der Anzahl der insgesamt benötigten Werkzeuge.

Werkzeugmagazine

Zu den gebräuchlichsten Werkzeugmagazinen gehören einerseits das Tellermagazin und andererseits die meist am Rande des Arbeitsbereichs fest stationierte Magazinleiste in Form eines Kamms. Besonders für eine größere Anzahl von Werkzeugplätzen bietet sich das Kettenmagazin als eine weitere Ausführungsvariante an (Abb. 3). Unterschiede gibt es auch bezüglich der zulässigen Abmessungen und des Gewichts der einsetzbaren Werkzeuge. Die Tellermagazine fahren zum Wechseln als Pick-up zur Spindel oder umgekehrt. Diese Magazine können in der Regel in zwei Achsen mit der Spindel mitfahren, so daß beim Werkzeugwechsel keine großen Positionierwege zurückzulegen sind. Ein weiteres Pick-up-Magazin ist die schon erwähnte Kammausführung. In beiden Fällen muß immer erst das Werkzeug aus der Spindel im Magazin abgelegt werden, bevor ein neues geholt werden kann. Anders ist das bei der Ausführung mit einem Doppelgreifer, wie beim Kettenmagazin. Das neue Werkzeug hängt schon vorher im Greifer und kann beim Wechselvorgang nach einer Viertelkreisbewegung eingesetzt werden.

Wenn alle Werkzeuge verfügbar sind, heißt das aber noch nicht, daß jede Bearbeitungsrichtung möglich ist, wenn es sich nicht gerade um eine 5-Achs-Maschine handelt.

Auswechselbare Bearbeitungsaggregate

Mit Zusatz- oder Adapteraggregaten, die wie Werkzeuge automatisch auswechselbar sind, können die Bearbeitungsmöglichkeiten der 3-Achs-Maschinen wesentlich erweitert werden. Es gibt beispielsweise mehrspindlige Bohr-

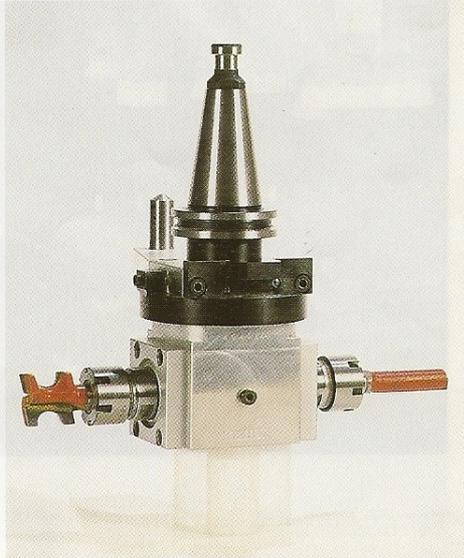


Abb. 4: Adapteraggregate zum Fräsen, Bohren und Sägen

aggregate oder Horizontalaggregate zum Fräsen, Bohren und Sägen (Abb. 4). Die zulässige Zerspanleistung kann bei entsprechend ausgelegten Aggregaten auch relativ hoch sein. Oftmals sind die Aggregate außerdem über eine integrierte NC-Rundachse während der Spanabnahme im Bahnsteuerbetrieb schwenkbar: Ein Beispiel dafür ist ein Schleifaggregat, mit dem, im Gegensatz zum rotierenden Schleifkörper, die Vorteile des Bandschleifens



Abb. 6: NC-Fräsggregat für Spezialprofile

weitgehend genutzt werden können (Abb. 5). Wenn die Erfordernisse der Bearbeitung die umfangreichen Möglichkeiten der auswechselbaren Aggregate übersteigen, dann sind bei Bedarf auch eigenständige Aggregate möglich, wie beispielsweise Fräsaggregate für die Erzeugung ganz spezieller Profile (Abb. 6). Damit kann man bisher sicher den Schluß ziehen, daß bei richtiger Organisation und passender Maschinenausstattung die kommissionsweise Einzelfertigung an den Programmen und Werkzeugen nicht scheitern kann.

Werkstückspanntechniken

Allgemein schwieriger stellt sich oft die Problematik des Werkstückspannens dar, was aber kein Grund sein kann, nicht auftragsgebunden zu produzieren. Besonders für die Spanntechnik gilt der Hinweis, daß das richtige Vorgehen für den speziellen Anwendungsbereich erarbeitet werden muß. Die Vorrichtungskosten müssen niedrig gehalten werden, für die Wiederverwendung bei ähnlichen Teilen ist möglichst eine universelle Gestaltung anzustreben; schnelles Austauschen bzw. Einrichten der Vorrichtungen ist notwendig.

Die gebräuchlichen Spanntechniken (Abb. 7) sind zwar weitgehend bekannt, doch lohnt es sich immer, bei der Suche

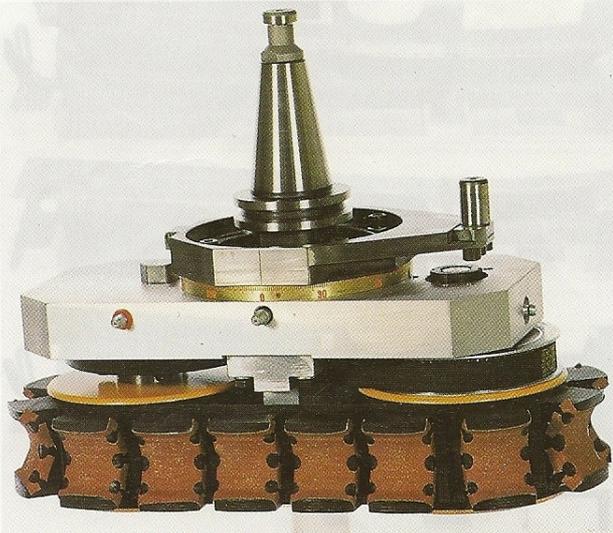


Abb. 5: Adapteraggregat zum Bandschleifen

Abb. 7: Spanntechniken

Vakuumspannen auf Nutenrastertisch

- direkt auf der Tischfläche
- höhergelegt für untergreifende Werkzeuge

Konturangepaßte Unterdruckschablone

- * Bei gleichartigen Teilen mehrere Vorrichtungen in einer
- * Für schnellen Wechsel gleiche Schablonenabmessungen, gleiche Tischpositionen, gleiche Höhenverhältnisse

Unterdruckmodule (Saugnäpfe)

- Handverstellung - nach Skala - nach Laserprojektion
- NC-Verstellung - vollautomatische Positionierung
- Teilweise verstellbar (Hand oder NC) - vollautomatisch einzeln aktivierbar feststehend oder pneumatisch versenkbar

Universelle Spanntechniken für Teilefräsen aus Platten

- Poröse MDF-Platte
- Druckrollen
- Luftkissenniederhalter

nach Lösungen alle intensiv zu prüfen und dabei vielleicht sogar weitere Varianten für das eigene Teilespektrum zu entwickeln.

Tisch mit Nutraster

Wo immer es geht, wird mit Vakuum gespannt, also Spannen mit dem Differenzdruck zwischen dem normalen Luftdruck und einem Unterdruck, d. h. einem im günstigsten Fall etwa achtzigprozentigen Vakuum. Auf dem Tisch mit Nutraster (Abb. 8) können Teile fünfseitig bearbeitet werden, wenn keine untergreifenden Werkzeuge erforderlich sind. Aufwand und Einrichtzeit sind denkbar gering. Mit einem Spezialgurt und gewissen Einschränkungen können die Teile höhergelegt und dann auch untergreifende Werkzeuge eingesetzt werden.

Für andere Anforderungen wird die an die Werkstückkontur angepasste Vorrichtung – also die Unterdruckschablone – eingesetzt, die nicht unbedingt teuer sein muß (Abb. 9). Bei gleichartigen Teilen sollte versucht werden, mehrere Vorrichtungen in einer unterzubringen. Vielleicht kann in manchen Fällen sogar das Produktspektrum im Hinblick auf die vorhandene Spanntechnik ergänzt werden. Damit der Schablonenwechsel schnell geht, sollten Abmessungen, Tischpositionen und Höhenverhältnisse immer gleich sein. Wird die Spannvorrichtung direkt vor der Teileproduktion hergestellt, ist darauf zu achten, daß der Fräser für die Moosgumminut auch im Werkzeugmagazin der Maschine verfügbar ist. Bei der Anwendung dieser Spanntechnik ist es ganz wichtig, angefangen beim CAD-Einsatz und dem Herstellungsvorgang der Schablone, eine schlanke Organisation zu realisieren.

Bei der Unterdrucktechnik ist leider immer eine gewisse Mindestgröße der Werkstückauflagefläche notwendig. So kann es hilfreich sein, die Schablone mit einem Deckel zu versehen, der mecha-

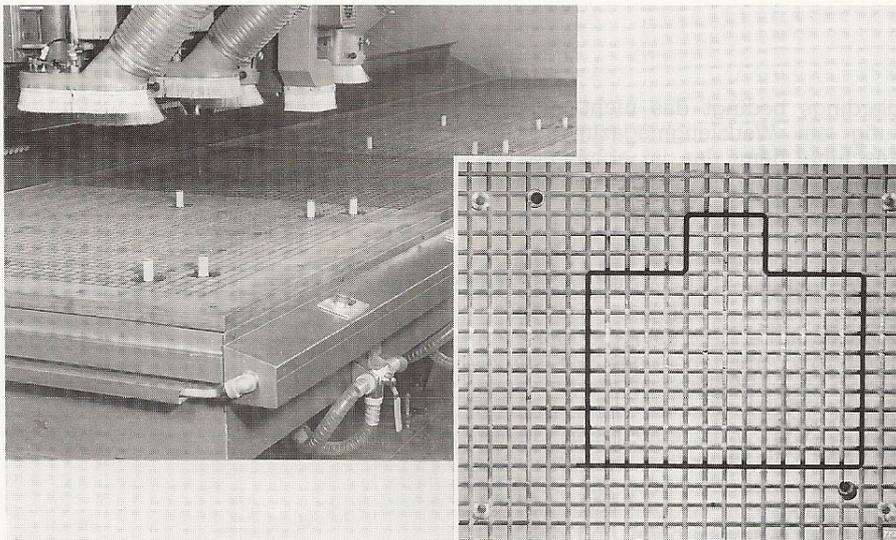


Abb. 8: Tisch mit Nutraster

nisch, pneumatisch oder auch mit Vakuum zusätzlich von der zweiten Seite spannt (Abb. 10).

Zweiseitig wirkende Unterdruckmodule

Zweiseitig wirkende Unterdruckmodule, also Saugnäpfe mit zwei Vakuumkreisen, sind universeller einsetzbar als konturangepasste Vorrichtungen (Abb. 11). Sie nutzen aber die Werkstückauflagefläche nicht so gut aus. Mit der Unterseite werden sie auf dem Tisch oder auf Trägersystemen angesaugt, und oben wird das Werkstück gespannt. Bei Einschränkung der Universalität sind auch gewisse Konturanpassungen für häufig vorkommende Werkstücke möglich. Bei manchen Anwendungen wird zum kommissionsweisen Einrichten die Laserprojektion genutzt.

In vielen Fällen werden Trägersysteme eingesetzt. Dabei werden die Träger meistens manuell eingestellt, was mit Hilfe von Kugelführungen und Maßskalen oder elektronischen Einstellhilfen sehr schnell geht. Beim Bearbeitungszentrum in Abb. 12 sind die

zwei Vakuumkreise in den Trägern integriert, so daß universelle rechteckige oder auch runde Spannmodule schlauchlos ausgeführt werden können und deshalb sehr effektiv handhabbar sind. Es ist aber auch in diesem Fall möglich, konturangepasste Spannelemente einzusetzen.

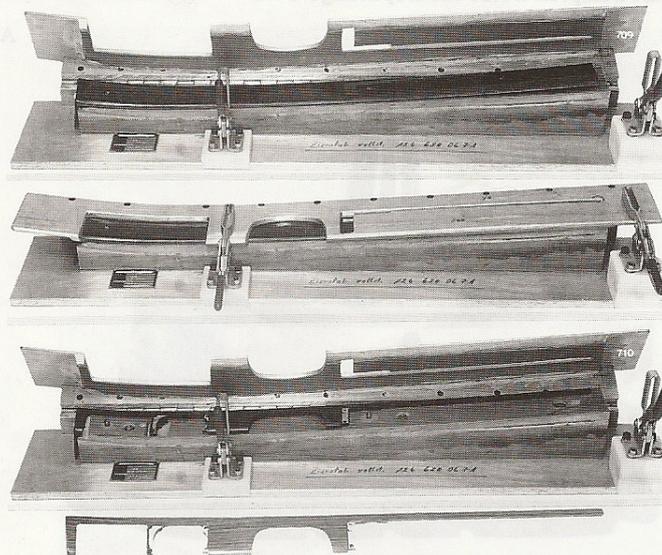
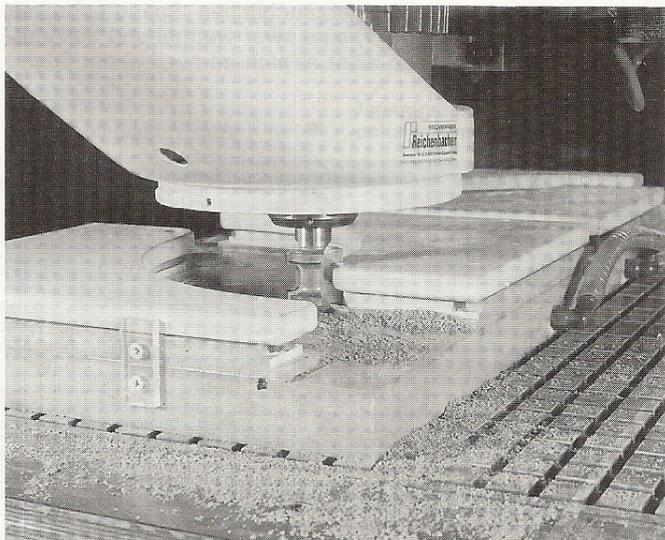
Universelle Spanntechniken

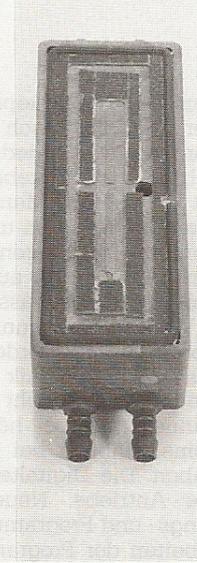
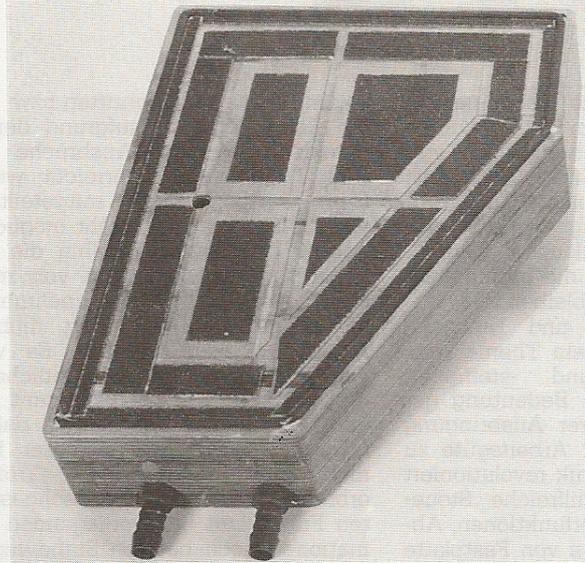
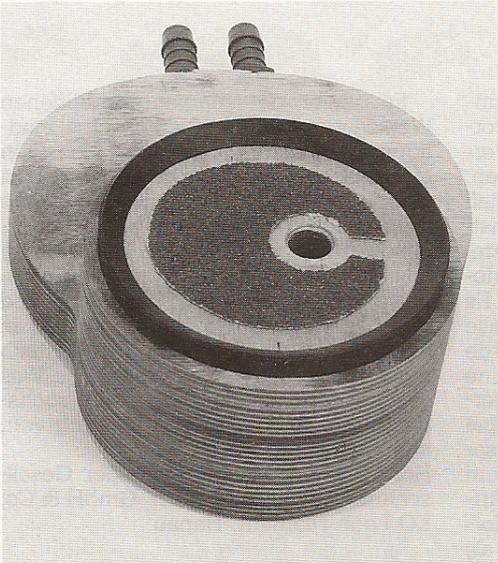
Besonders beim Ausfräsen von Kommissionsteilen aus Platten besteht oft Bedarf an einer Spanntechnik, die möglichst völlig ohne Vorrichtung auskommt, so daß der Rüstaufwand entfällt. Eine Möglichkeit ist beispielsweise eine MDF-Platte, 8-mm-Dicke ist schon ausreichend, die unbearbeitet als Einfachst-Vorrichtung verwendet wird. Sie ist porös genug, daß durch sie hindurchgesaugt werden kann. Wenn die Kanten und eventuelle freie Flächen abgedichtet sind, kommen beachtliche Haltekräfte zustande.

Der sich aufbauende Unterdruck ist bei diesem Spannsystem aber immer kleiner als bei einer Vorrichtung mit Moosgummidichtung, deshalb sind in

Abb. 9: Konturangepasste Unterdruckspannvorrichtung

Abb. 10: Deckelspanner





▲ Abb. 11: Zweiseitig wirkende Unterdruckmodule

▼ Abb. 12: Bearbeitungszentrum mit Trägersystem für schlauchlose Unterdruckmodule

vergleichbaren Fällen die Mindestwerkstückabmessungen größer. Da mit jedem neuen Programmablauf immer wieder an anderen Stellen gefräst wird, kann auch kein Schleifpapier zur Erhöhung der Haftreibung aufgeklebt werden. Durch die erzeugten Frässpuren verringert sich zunehmend der Abdeckungsgrad, und das Vakuum wird kleiner, was man zusätzlich berücksichtigen muß. Der Unterdruck ist in den Randbereichen der MDF-Platte geringer, so daß die kleineren Teile in der Mitte liegen sollten.

Wenn die einzelnen Teile groß genug sind und man deshalb mit einem geringen Unterdruck auskommt, ist es bei diesen porösen Vorrichtungen besser, anstelle einer Vakuumpumpe einen Seitenkanalverdichter zu verwenden, der zwar eine kleinere Druckdifferenz, dafür aber einen größeren Volumenstrom erzeugt.

Mit Druckrollensystemen kann man ganz ohne Vorrichtung spannen, jedoch mit ähnlichen Einschränkungen bezüglich der Teilegröße. Für empfindliche



Oberflächen sind sie jedoch weniger geeignet. Dieser Nachteil ist beim Luftkissenniederhalter nicht vorhanden, er ist aber aufwendiger. Er kann als Ring um das Fräswerkzeug herum oder als Druckbalken ausgebildet werden. Beide

Ausführungsformen zeigt Abb. 13 im Einsatz. Mit dem Luftkissenniederhalter kann man beachtliche Spannerfolge erzielen.

Automatische Spannerpositionierung

Es gibt Anwendungsgebiete, bei denen sich vollautomatisch einstellbare Spannsysteme gut eignen. Im Beispiel in Abb. 14 sind die Balken mit den einzelnen Unterdruckelementen teilweise über NC-Achsen verstellbar, und jedes Element ist einzeln aktivierbar. Das gleiche System läßt sich auch mit einem automatischen Durchlauf kombinieren.

Ausblick

Es bleibt die Frage nach den Entwicklungstrends unter dem Gesichtspunkt einer modernen Technik zur wirtschaftlichen Produktion, auch wenn die Voraussetzungen immer ungünstiger werden. Die Entwicklung der Bearbeitungszentren für die Holzbearbeitung befindet sich seit Jahren in einer stürmischen Phase, die auch noch weiter anhalten wird.

Die europäischen Sicherheitsvorschriften stellen erhöhte Anforderun-

Abb. 13: Luftkissenniederhalter im Einsatz (Ring, Balken)

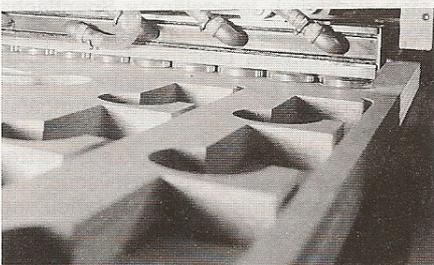


Abb. 14: Automatisch einstellbare Vakuumspannelemente (Bildnachweis: Reichenbacher)



gen. Eine vollgekapselte Maschine, bei der sich selbst nach dem Beschickungsvorgang alles wieder hermetisch verschließt, ist erstrebenswert, aber doch oft aufwendig. Man wird jedoch Kompromisse zulassen und gewisse Öffnungen mit Vorhängen erlauben. Darüber hinaus wird aber auch die mitführende Teilkapselung zulässig bleiben.

Werkzeugerkennung und Drehzahlüberwachung werden ein Thema sein. Maschinendynamik und -steifigkeit werden noch mehr an Bedeutung gewinnen, um bei höherer Ausbringung keine Einbuße bei der Arbeitsgüte zu haben. Die Digitaltechnik revolutioniert die Antriebe. Neue hilfreiche Steuerungs- und Programmierfunktionen, Abarbeiten der Programme von Festplatte und Werkstückdaten vom CAD ohne Postprozessor direkt in die NC-Steuerung sind weitere Beispiele.

Die NC-Technik in der Holzbearbeitung ist über zwei Jahrzehnte alt. Vor gut einem Jahrzehnt wurde sie in manchen Anwendungsbereichen noch sehr kritisch betrachtet. Doch inzwischen sind längst auch die letzten Zweifel ausgeräumt. Bei der Produktion kleinster Losgrößen wird der Verlauf nicht anders sein.

Gegendarstellung und Stellungnahme

Entsprechend dem baden-württembergischen Landespressegesetz vom 14. 1. 1964 sind der verantwortliche Redakteur und der Verleger eines periodischen Druckwerks verpflichtet, eine Gegendarstellung der Person oder Stelle zum Abdruck zu bringen, die durch eine in dem Druckwerk aufgestellte Tatsachenbehauptung betroffen ist.

In HOB 5/94 im Bericht „Untersuchung an PKD bestückten Oberfräsern“ wird die Schlußfolgerung getroffen, daß das Nachschärfen mit Lach-Diamant-Schleifmaschinen M-1050-automatic nach Original-Lach-EDG-Funkenschleifverfahren schlechtere Standzeiten erbringt als das zu diesem Bericht herangezogene Drahterodier-Verfahren (EDM). Am 27. 10. 1992 überbrachte Herr Berthold vom GFE, Chemnitz, unserem Schleifservice in Chemnitz drei Stück PKD-Oberfräser mit der Spitze, diese Werkzeuge, die bereits bei der Fa. Sonnenschutz GmbH, Neukirchen, heute Oka-Büromöbel Produktions KG, im Einsatz waren, nachzuschleifen. Nach dem Ausmessen der Fräser wurde festgestellt, daß die einzelnen Schneiden Abweichungen von 0,2 bis 0,3 mm (!) untereinander hatten und keine gleichmäßige Krümmung aufwiesen. Die Schneiden waren mit mehreren angeleglichen Geraden geschliffen worden, um die Krümmung zu erreichen. Die angegebenen Mindestdurchmesser

waren bereits unterschritten bzw. konnten beim Schärfen aufgrund der vorhandenen starken Ausbrüche (Verschleiß) nicht mehr erreicht werden. Herrn Berthold wurde mitgeteilt, daß eine Schärfung nicht mehr möglich ist. Das GFE äußerte daraufhin die Bitte, unbedingt die Schärfung von mindestens zwei Fräsern vorzunehmen. Es wurde daraufhin vereinbart, nicht alle Ausbrüche auszuscharfen. Es wurde von GFE bewußt und wissentliche eine Notschärfung von Lach-Diamant gefordert. Dem Institut war bekannt, daß eine fachgerechte Schärfung dieser Fräser nicht mehr möglich war. Trotzdem erbrachten die von uns nachgeschärften Fräser laut uns vorliegenden Informationen noch bessere Standwege als bei den gleichen Fräsern im Neuzustand. Der Fräser 2.2 brachte auch im Neuzustand (geschliffen mit Agie) nur ca. 30 % der Standzeit gegenüber den zwei anderen Fräsern mit Korngröße 25 my (1 und 2.1). Es ist unverständlich, wie die Autoren dieser Veröffentlichung zu den Daten gekommen sind und wie diese dann verwendet wurden. Selbst ohne das Wissen, unter welchen Umständen und mit welchen Einschränkungen Lach-Diamant gebeten wurde, die Werkzeuge nachzuschärfen, gibt es gravierende Unterschiede zwischen den Werkzeugen, die im Versuch miteinander verglichen wurden. Mit Ausnahme der von Lach-Diamant nachgeschärften Werkzeuge waren alle Werkzeuge in dem Versuch nämlich neue Werkzeuge. Schon allein daher muß die gesamte Datenauswertung doch sehr als wissenschaftlich unseriös in Zweifel gezogen werden. Die Schwankungsbreite der einzelnen Werte ist auch für identische Werkzeuge so groß, daß man den ganzen Test oder die Testvorbereitungen in Frage stellen muß. Bei Meßdaten, bei denen die Standabweichung bis zu 65 % des Mittelwertes beträgt, würde ich es nicht wagen, die Schlußfolgerungen zu ziehen, die die Autoren gezogen haben. Außerdem war für die Untersuchung der verschiedenen Schärfmethoden nicht sichergestellt worden, daß in jedem Fall gleiche Anteile der verschiedenen PKD-Ausgangsmaterialien eingesetzt wurden, obwohl die Autoren zu dem Schluß kommen, daß diese einen signifikanten Einfluß haben.

Es ist uns ferner bekannt, daß zwei der Werkzeuge vorzeitig ausgefallen sind. Bei einem der Werkzeuge war eine fehlerhafte Lötverbindung und bei dem anderen eine Havarie mit einem Metalleinschluß in der Spanplatte als Ursachen angegeben. Trotzdem wurden die Ergebnisse als gültige Meßwerte mit in die Auswertung genommen. Normalerweise würde jeder, der Versuche durchführt, insbesondere den Wert von 660 Laufmeter Standzeit, der total aus dem Rahmen fällt, ohnehin stark anzweifeln und wahrscheinlich aus der Auswertung herausnehmen.

Für zwei der diamantgeschliffenen Werkzeuge wurde außerdem eine inadäquate Maschine für das Schleifen eingesetzt. Diese Werkzeuge lieferten jedoch zwei der drei Meßwerte für die Beurteilung der Standzeit von diamantgeschliffenen Werkzeugen. Es ist daher anzunehmen, daß auch diese Ergebnisse ein falsches Bild zeichnen und den Leser irreführen. In dem Artikel in der HOB 5/94 wird diese Tatsache noch nicht einmal richtig herausgestellt. Was sonst noch alles bei diesem Versuchsprogramm nicht ganz in Ordnung war, kann man nur erraten. Horst Lach, geschäftsführender Gesellschafter der Jakob Lach GmbH & Co. KG Lach-Diamant, Hanau.

Stellungnahme zur Gegendarstellung der Firma Lach

Zielstellung der Untersuchungen war für den speziellen Anwendungsfall Fräsen von Nuten (12–0,3 mm breit, 9,5 und 15 mm tief) in melaminharzbeschichtete Holzspanplatten die Optimierung der Kombination Finishbearbeitungsverfahren/PKD-Korngröße. Dabei wurden unter gleichen Einsatzbedingungen PKD-Oberfräser getestet, deren Schneiden mittels Diamantschleifscheibe, mittels Drahterosion und mittels Scheibenerosion geschärft wurden. In die Untersuchungen wurden sowohl neue als auch qualitätsgerecht nachgeschärfte Schneiden einbezogen. Alle PKD-Schneiden wurden vor und nach ihrem Einsatz gründlich visuell und meßtechnisch geprüft. Für die Beurteilung der PKD-Schneidenqualität kamen neben der werkstattüblichen Meßtechnik folgende Spezial-Meßgeräte in der GFE e.V. zum Einsatz: Meßmikroskop BK 70 × 50 (Fa. Carl Zeiss Jena), Profilmeßgerät Conturoskop C4P (Fa. Feinprüf-Perthen, Göttingen) und Rasterelektronenmikroskop BS 340 (Fa. Tesla, Brunn). Als Kriterium für den Fräser-Standardweg stand die Forderung des Anwenders nach einer ausbruchfreien, scharfen Nutkante der Melaminbeschichtung. Diese Nutkante wurde ausschließlich nur mit einer der drei PKD-Schneiden erzeugt (achswinkelgeneigte Umfangs- und Kantenabschlußschneide). Es wird allen eingesetzten Finishbearbeitungsverfahren, einschließlich Original Lach-EDG-Verfahren, eine qualitativ gute PKD-Schneide und eine hohe Standwegleistung bescheinigt. Im Ergebnis der Untersuchungen hat sich die Kombination PKD-Korngröße 10 µm, eine zusätzlich feingeläppte Spanfläche sowie die Finishbearbeitung der PKD-Schneide mittels Drahterosion als optimal bezüglich des maximalen Fräser-Standardweges für diesen Anwendungsfall erwiesen.

Dipl.-Ing. Günter Gansauge, stellvertretender Institutsleiter der Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung e.V., Schmalkalden.