Edward CHLEBUS

Institut für Fertigungstechnik und Automatiesierung
Technische Universität Wrocław, Polen

LÖSUNGSAUSWAHL BEIM KONSTRUIEREN VON WERKZEUGMASCHINEN

Summary

The paper presents the methodology of machine tools designing using the CAD systems. The methodology worked out is based mainly upon identification and classification of machinning tasks and their matrix notation. The notation is a development of initial data essential for the construction process of the functional structure of the machine tools carying system. The analysis and evaluation of the carying structure solution during designing of its geometry and properties is based on appriopriate models and calculation methods, including FEM.

Einführung

Das Konstruieren ist ein logischer Prozeß, in dem der Konstrukteur auf der Basis seines Wissens, seiner Erfahrungen und endsprechender Hilfswerkzeuge, die Lösung finden, entwickeln und gestalten kann. Dieser Prozeß soll beim Konstruieren von Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen besonders sorgfältig durchgeführt werden. Die Fertigungs- und Bearbeitungsmaschinen sind die Produktionsbasis in den Produktionsunternehmen, in denen die Elemente und Baugruppen von verschiedenen Maschinen gefertigt werden. Die von modernen Produkten sehr erwarteten hohen Wünsche und Anforderungen zwingen die Qualitätsbesserung nicht nur von den fertigen Produkten, sondern auch von ihrem Fertigungs- und Konstruktionsprozeß. Die Fertigungssysteme werden für bestimmte Fertigungsaufgaben konstruiert und darum muß man zuerst diese genau erkennen und klassifizieren. Die Fertigungsaufgaben sollen in einer geeigneten Form dargestellt werden, damit auf dieser Basis die Struktur eines Bearbeitungsmoduls oder des ganzen Fertigungssystems ermittelt werden kann. Mit jeder Werkzeugmaschine oder einem belibiegen Fertigungsmodul kann ein bestimmtes Koordinatensystem verbunden werden. Es stehen dazu entsprechene Normen zur Verfügung, die die Werkstück- und Werkzeuglage in Werkzeugmaschinenkoordintensystem eindeutig bestimmen. Die Bearbeitung eines Werkstückes kann durch entsprechend gekoppelte Fertigungsbewegungen realisiert werden [1,2].

Diese Voraussetzungen wurden bei der Entwickung der Struktursynthesemethode beim Konstruieren von Werkzeugmaschinen berücksichtigt.

Synthesemethode beim Konstruieren von Werkzeugmaschinen

Die Synthesemethode wird schon auch in der Konzipierugsphase beim Maschinenkonstruieren erfolgreich angewendet. [3,4,5]. Die Vorteile der Methode können bei der Anwendung von CAD-Systemen, integrierten mit den objektorientierten Datenbasen und graphischen Bibliotheken, voll genutzt werden. Die Struktur einer Werkzeugmaschine hängt grundsätzlich von der vorgesehenen Bearbeitungsaufgaben und den angenommenen Regeln der Realisierung von gegenseitigen Bearbeitungsbewegungen ab [1]. Alles in allem kann die bestimmte bewegungsgeometrische Struktur der Werkzeugmaschinen auf der Basis der maßgeometrischen Zusammenhänge des Werkstückes beschrieben werden (Bild 1). Die Analyse des zur Produktion vorgesehenen Werkstücksspektrums soll die folgende Merkmale berücksichtigen:

- makrogeometrische, d.h. die Aufbaumaße und ihre gegenseitigen Verhältnisse,
- strukturelle und topologische Merkmale, d.h. die Größen, die die Werkstücksstruktur hinsichtlich seiner Art und der gegenseitigen Lage von einzelnen Flächen, welche die raumliche Werkstückform (zylindrische-, prismatische-, Außen- und Innenfläche) bilden, beschrieben,
- Genauigkeit, d.h. die nach dem ISO-Standard bestimmten Maß-, Form- und Lagetoleranzen des Werkstückes und die Rauheitsparametern seiner einzelnen Flächen.

Auf der Basis bewegungsgeometrischer Struktur der Werkzeugmaschinen, die von den Bearbeitungsaufgaben ausgeführt werden soll, bildet man einge realisierbaren Konzeptionsvarianten der Konstruktionslösung. Danach wird auf der Grundlage der ausgewählten Lösungskonzeption der Tragsystemstruktur von einzelnen Baugruppen und Elementen die fertige Kostruktion zusammengestellt . Dazu muß zuerst eine Beschreibungsmethode von endsprechenden Baugruppen und Elementen erarbeitet und weiter ihre Merkmale in Datenform in einer Datenbasis gespeichert werden. Das ist die wichtigste Bedingung des effektiven Konstruieres mit der Synthesemethode, die in der CAD-Technik sehr erfolgreich ist. Eine beispielweise Blattform der graphischen Datenbasis von Werkzeugmaschinenbaugruppen ist in Bild 2 dargestellt. Das Bild zeigt die Struktur und die parametrisierten Konstruktionsmerkmale von Fräsmaschinentischen. Diese Daten sollen die geometrische, funktionelle und strukturelle Präsentation enthalten. Die Zahl und die realisierbaren Fertigungsachsen sind von der bewegungsgeometrischen Struktur des Fertigungssystem bestimmt [1]. Für den Konstrukteur sind sehr behilflich die Daten, die von den rechnerunterstützten und experimentellen Untersuchungen ausgeführt werden. Das bezieht sich gewöhnlich auf den statischen Eigenschaften von verschidenen Konstruktionsbaugruppen und -elementen, z.B. die Steifigkeit der Wälzführungselemente oder -baugruppen wie auch in einem anderen Fall die Zusammenhänge zwischen der Steifigkeit und der Gestaltung der Querschnitte oder Verrippung von Gestellen [6].

Lp.	Bearbeitungsaufgaben	Arbeitsbewegungen	Werkstückmerkmale	Bearbeitungs-verfahren
1	dmax, dmin, Lmax, L	Y, X, φ_z, Z	Lmax dmax , dmin IT... ⌭ ⊥ // ⌯ ⌰ Ra	Bohren Ausreiben
2	dmin, dmax, L, Lmax	Y, X, X, Z, φ_z, Z	IT... ⌭ ⊥ // ⌯ ⌰ Lmax dmax , dmin Dmax Ra	Außendrehen Innendrehen
3	Hmax, Bmax, Lmax	φ_y, Y, X, Z	IT... ⊥ // − Lmax Bmax Hmax Ra	2D – Fräsen 2D – Schleifen
4	Pi=f(x,y,z), Hmax, Bmax, Lmax	φ_z, Z, P1, Pn, Y, X, W=⟨P1 ... Pn⟩	IT... ⊥ // − Lmax Bmax Hmax {P1 ...Pn}∈Z=f(x,y,z)	3D – Fräsen 3D – Schleifen
5	Pi=f(x,y,z) o'o''∈Z1, o', o'', Hmax, Bmax, Lmax	φ_z, Z, P1, o', φ_z, Y, Pn, X	IT... ⌭ ⊥ // − ⌰ Lmax ,Bmax ,Hmax {P1 ...Pn}∈Z=f(x,y,z) o'o''∈Z1= f(x,y,z,α,β,γ)	Drehen Fräsen Schleifen von Freiformflächen in 3D–Raum

CE4MS090

Bild 1. Werkstückmerkmale und Arbeitsbewegungen benötigten zur Realisierung der angenommenen Bearbeitungsaufgaben

Nr	Bewegungsachsen	Beispiel	Daten
1	Starre Tische (Platte) 0 0 0 0 0 0		B, L, H, P1, P2
2	Einachsige Tische 1 0 0 0 0 0		B, L, H, P1, P2
3	Zweiachsige Tische 1 1 0 0 0 0		B1, L1, H1, B2, L2, H2 P1, P2, P3
4	Dreiachsige Tische		B1, L1, H1, B2, L2, H2 B3, L3, H3 P1, P2, P3, P4
4.1	Translatorische 1 1 1 0 0 0		
4.2	Rotations-translatorische 1 1 0 0 0 1		B1, L1, H1, D2, H2 B3, L3, H3 P1, P2, P3, P4

MERKMALE VON SPANNFLÄCHEN

P1

P2... P(N)

GLEITFÜHRUNGEN
WÄLZFÜHRUNGEN
HYDROSTATISCHE FÜHR.

G1... G(n), D1... D(n), Material, Ra, IT ⊥ // ▱ —...
Tragfähigkeit, Druck, . . .

CE4WS091

Bild 2. Beispielweise geometrische und funktionelle Merkmale von Fräsmaschinentischen

Die Erreichbarkeit und der Preis der Konstruktionselemente sollen auch als ein von vielen wesentlichen Kriterien bei der Beurteilung der Werkzeugmaschinenlösung berücksichtigt werden. Nach dem Aufbau der Werkzeugmaschinenstruktur muß man einzelne Konstruktionslemente und -baugruppen nach entsprechenden Regeln der Berechnungsmodule modellieren, um die Eigenschaften der modellierten Struktur zu bestimmen. Dazu dienen vor allem die problemorientierten Programme aber in der letzten Zeit wird zu diesem Ziel sehr oft die FEM angewandt. Die Qualität der Konstruktion soll auf der Basis von früher angenommenen Kriterien beurteilt werden. Im Fall von Werkzeugmaschinen, und besonders ihrer Spindelgruppe, wurden bereits die Grundlagen zur Beurteilung der statischen Eigenschaften präzisiert [6].

Beurteilung der Konstruktionslösung von Werkzeugmaschinenstrukturen

Die Beurteilung der funktionellen Merkmale und Eigenschaften von Werkzeugmaschinen soll auch aus der Bearbeitungsaufgaben ausgeführt werden. Die Beurteilungskriterien hängen von den Werkstücktoleranzen (Maß, Form und Lage) sowie auch von den Eigenschaften der einzelnen Konstruktionsbaugruppen der Werkzeugmaschine ab. Eine wesentliche Rolle in der Realisierung des Bearbeitungsprozeßes spielen die Eigenschaften der Werkzeug- und Werkstückbaugruppe. Das Schema des Systems zur Beurteilung der Konstruktionslösungen von Werkzeugmaschinen ist in Bild 3 dargestellt. Um die Eigenschaften der Werkzeugmaschinen beurteilen zu können, soll man folgende Bedingungen berücksichtigen:

- Klassifizierte geometrische und technologische Merkmale von Werkstücken, zusammen mit ihren Toleranzen, die in einer Datenbasis gespeichert werden sollen,
- Kennlinien von Konstruktionsbaugruppen, falls sie bekannt sind,
- Methoden und Modelle zur Berechnung der Verformung von einzelnen Konstruktionsbaugruppen und der ganzen Struktur der Werkzeugmaschinen,
- Beurteilungskriterien, die auf der Basis der Genauigkeitsmerkmale (.Werkstückabweichungen) des Werkstückspektrum bestimmt werden kann.

Die Methoden, Modelle und Programme, die zu diesem System gehören, ermöglichen die Berechnungsabweichungen zu bestimmen und nach dem Vergleich mit den Werkstückabweichungen, können sie als das Entscheidungskriterium zur Beurteilung und Auswahl der realisierbaren Konstruktionslösung der Werkzeugmaschine dienen.

Die beispielweise Berechnungsabweichungen des Drehwerkstückes sind am Bild 4 gezeigt. Die Berechnungen wurden für drei Fälle durchgeführt:

- das Werkstück fixiert im Futter (Bild 4a),
- das Werkstück fixiert im Futter und unterstützt im Reitstock (Bild 4b),
- das Werkstück fixiert beiderseitig in den Spizen (Bild 4c).

Solche Berechnungsergebnisse sind sehr repräsentabel und können als das Beurteilungskriterium zur Auswahl der Konstruktionslösung der Drehmaschine angenommen werden.

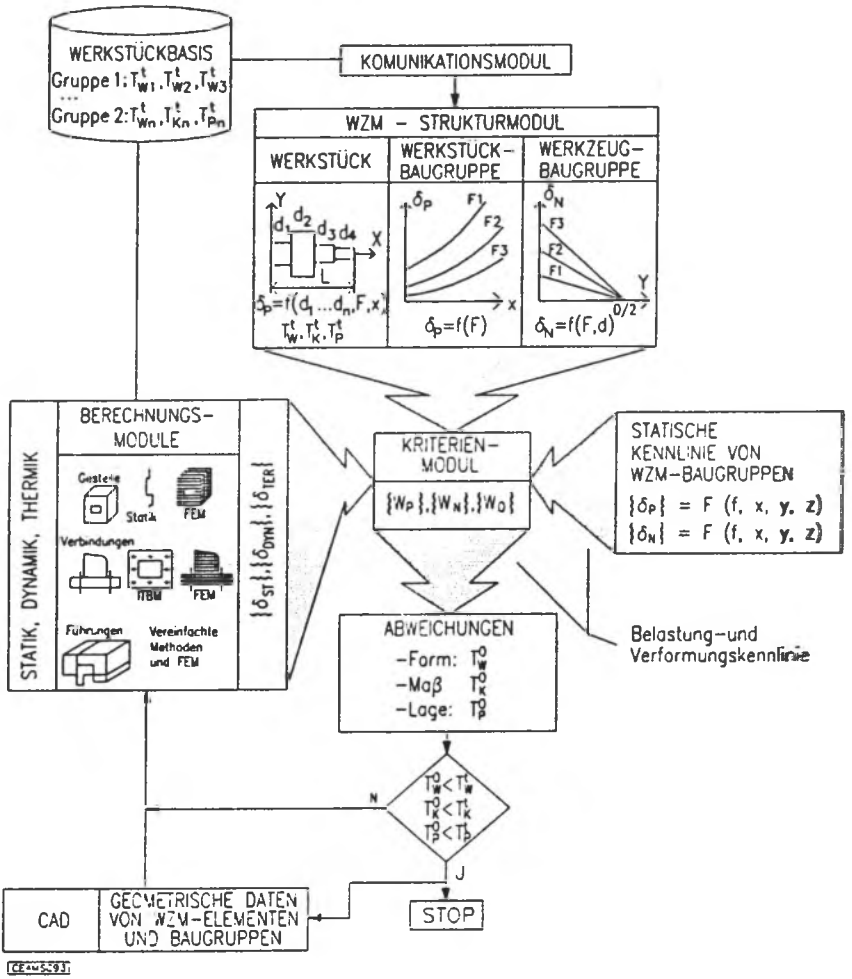

Bild 3. Das Schema des Systems zur Beurteilung von Werkzeugmaschinenstrukturen

Die realisierbare Struktur des Systems zur Berechnungsanalyse von Werkstückabweichungen ist in Bild 5 dargestellt. Zur graphischen Verarbeitung und geometrischen Modellierung wurde das AutoCAD-System ausgewählt, das auch als der Postprozessor zur graphischen Darstellung von Berechnungsergebnissen dient. Im AutoCAD wurde auch ein Modul ausgearbeitet, das zur Bildung des Berechnungsmodells des Werkstückes genutzt wird. Dieses Modell wird mit dem ausgewählten Berechnungsmodell der Werkzeugmaschinen zusammengestellt und nach der Ergänzung um die

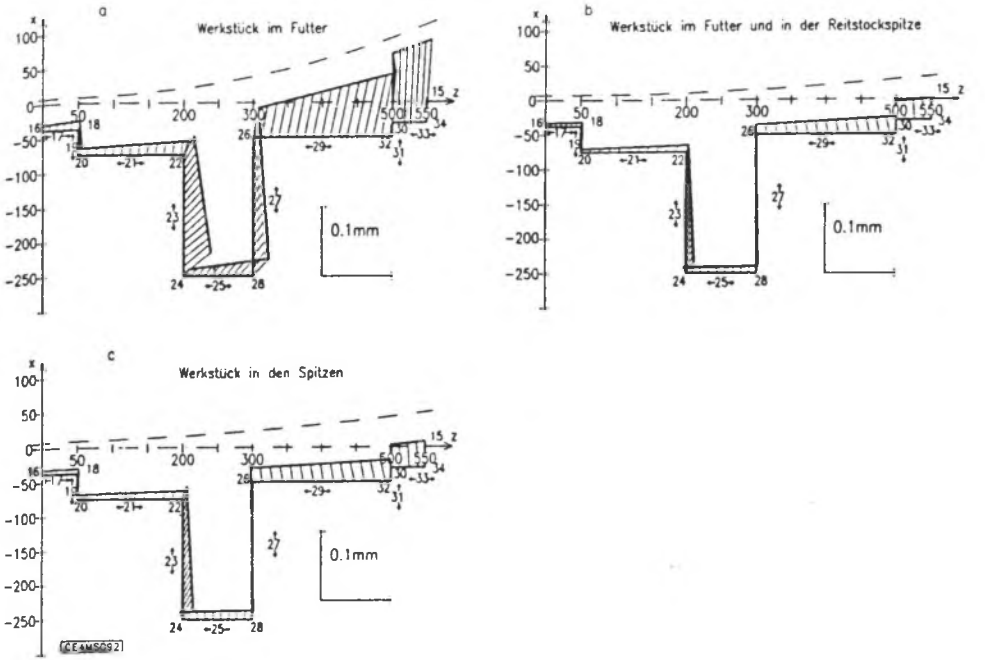

Bild 4. Berechnungsabweichungen des Drehwerkstückes

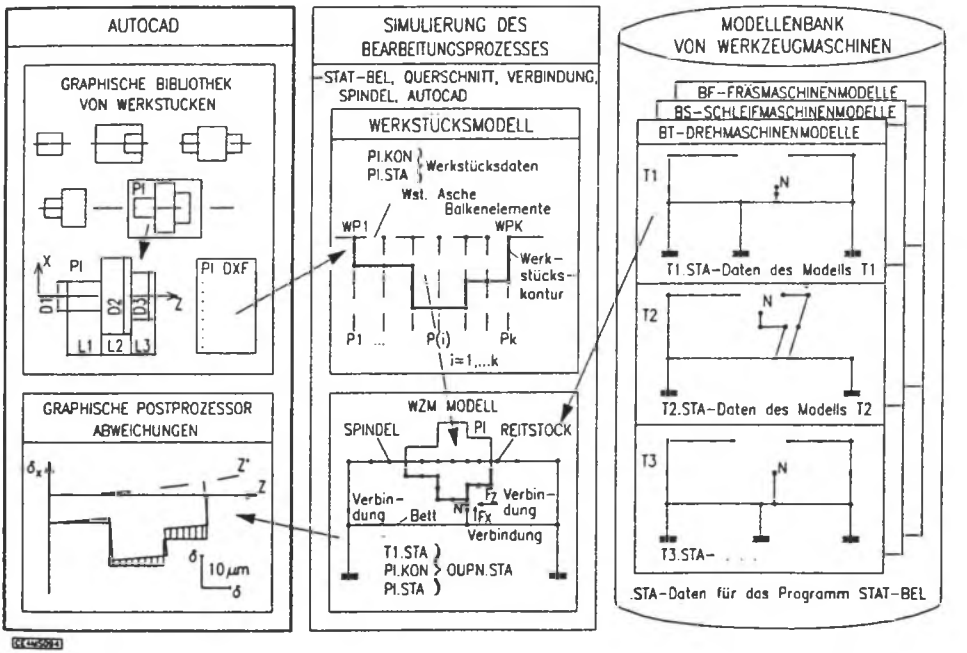

Bild 5. Die Strukrur des Systems zur Bestimmung von Berechnungsabweichungen im Bearbeitungsprozess

Belastungen und Eigenschaften (Nachgiebiegkeit) von Verbindungen, Spindel, Reitstock kann die Simulationsanalyse des Bearbeitungsprozeßes, zusammen mit der Bestimmung der Abweichungen, durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Die Geometrie der zu bearbeitenden Werkstücke hat einen entscheidenden Einfluß auf die Struktur und Eigenschaften der Werkzeugmaschine. Um das Konstruktionsprozeß, insbesondere die Konzeptions- und Entwicklungsphase erfolgreich zu bessern und zu beschleunigen sollen entsprechende Methoden und CAx-Werkzeuge entwickelt und eingesetzt werden. Dazu gehört auch die Synthesemethode, die an die CAD und wissensbasierten Systeme sehr einfach angepaßt werden kann. Diese Systeme sollen um die Methoden zur Beurteilung der Konstruktionslösung, entsprechend der Struktur und der Funktionalität von Maschienen, ergäntzt werden. Mit den oben erwähnten Systemen muß man auch die objekt- und funktionsorientierten graphischen Bibliotheken und Datenbasis integrieren.

LITERATUR

[1] Chlebus E. Podstawy kształtowania funkcjonalnych cech i własności układów konstrukcyjnych obrabiarek, Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji nr 50, Seria: Monografie nr 14, Wrocław, WPWr., 1993.

[2] Wrotny L.T. Projektowanie obrabiarek, Warszawa, WNT, 1986.

[3] Kretzschmar G. Eine Konstruktionslogik zum Aufbau eines rechnerunterstützen Prozesses zur Synthese von Maschinenstrukturen, Dissertation B, TU Dresden 1984.

[4] Roth K. Konstruieren mit Konstruktionskatalogen, Springer-Verlag, Berlin, Heodelberg, 1982.

[5] Berczyński S., Szwengier G., Biedunkiewicz W. System CAD „SAUNO" - analizy układów strukturalnych obrabiarek skrawających, V Konferencja - Metody i środki projektowania automatycznego, grudzień, Warszawa 1985.

[6] Chlebus E. In AutoCAD implementierte graphische Wissensbasis, Machine Tools, Automation and Robotics in Mechanical Engineering, MATAR "92, Praha 1992.

[7] Krzyżanowski J. Własności układu konstrukcyjnego obrabiarek skrawających, Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji PWr, Seria: Monografie nr 10, Wrocław 1990.

Gutachter: Ryszard Knosala