

INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN

ICED

Dubrownik, 28 - 31 August 1990

MODELLIERUNG UND BERECHNUNG DER EIGENSCHAFTEN VON GLEITFÜHRUNGEN MIT DER FINITE ELEMENTE METHODE

U. HEISEL E. CHLEBUS

ABSTRACT :

The major problem when computing machine components using the Finite-Element-Method is modelling the contact surfaces between individual parts. So far, no satisfactory results for machine-tool slide-guide units have been computed because of their non-linear properties of contact surfaces. This paper presents a way of modelling the non-linear properties of contact surfaces by using rod elements. The correct surface area is determined via iteration and the surface pressure and displacement can be determined.

INHALTSANGABE :

Bei der Berechnung von Maschinenkomponenten mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode stellt die Modellierung der Kontaktstellen zwischen den einzelnen Maschinenteilen ein Problem dar. Durch die Nichtlinearitäten der Fügstellen konnten bisher bei der Berechnung von Flach-Gleitführungen keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden. In diesem Beitrag wird gezeigt, wie die nichtlineare Charakteristik der Kontaktzonen mit Hilfe von Stabelementen modelliert werden kann. Durch Iteration wird die tatsächliche Form und Größe der Kontaktfläche ermittelt und daraus die auftretenden Flächenpressungen und Verformungen bestimmt.

EINLEITUNG

Zur Ermittlung des statischen und dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen ist es notwendig, die auftretenden Belastungen und Verformungen zu kennen. Eine Möglichkeit zur Bestimmung dieser Größen stellt die Finite-Elemente-Methode dar. Wenn jedoch Fügstellen zu berücksichtigen und Wechselwirkungen zwischen Maschinenkomponenten zu berechnen sind, wie dies z.B. bei Gleitführungen von Werkzeugmaschinen der Fall ist, treten Schwierigkeiten bei der Modellierung auf. Zur Berechnung dieser Elemente werden dann entweder Vereinfachungen durchgeführt oder sie werden als zweidimensionales Problem behandelt [1, 3, 4]. Durch dieses Vorgehen können die nichtlinearen Eigenschaften dieser Elemente nur unzureichend berücksichtigt werden.

Dagegen erlaubt die Modellierung der Fügestellen mit Stabelementen, die Nichtlinearitäten genauer zu beschreiben. Dadurch ist es möglich die exakte Geometrie der Kontaktzone zu bestimmen. Die Berechnung der Belastungen und Verformungen in den Kontaktflächen ermöglicht dann auch die Behandlung dynamischer Probleme bei Maschinenstrukturen [2].

Dieser Beitrag zeigt die Problematik der Modellierung und Berechnung von Kontaktzonen am Beispiel von Gleitführungen.

MODELLIERUNG DER GleitFÜHRUNGEN

Die Rationalisierung des Konstruktionsprozesses, besonders in der Analysier- und Beurteilungsphase, erfordert die Anwendung von Berechnungssystemen, wobei in der Praxis verschiedene FE-Systeme eingesetzt werden. Die Berechnungen wurden mit Hilfe des Programms OK.-MES-System durchgeführt [5]. Die Bestimmung der Brauchbarkeit des Modells zur Berechnung von Gleitführungen wurde durch das Beispiel der Rechteckführung überprüft. Die charakteristischen Abmessungen, die Form des verschiebbaren Führungstückes und die Belastungen zeigt Bild 1.

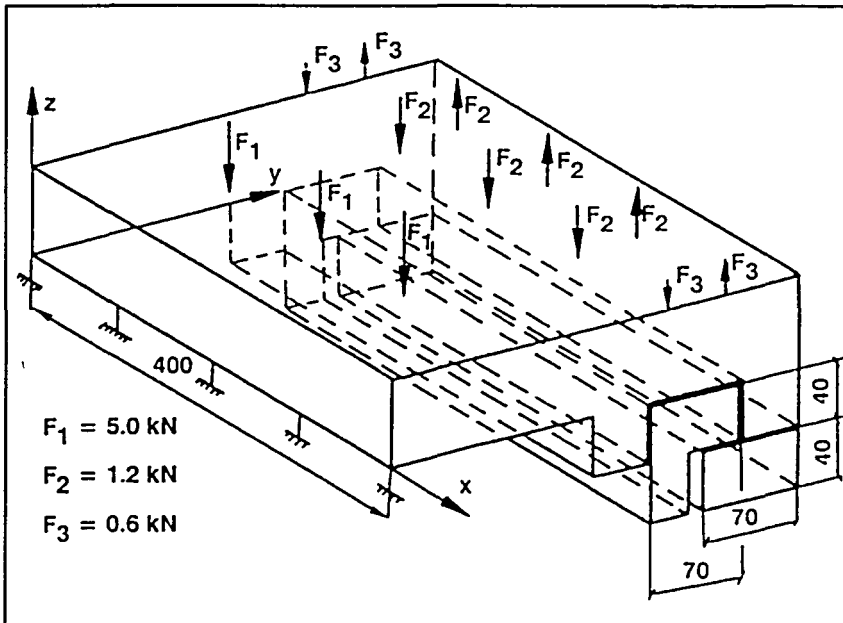


Bild 1. Hauptabmessungen und Belastungen des Führungstückes
Fig.1. Main dimensions and forces of the slide-guide unit

Es wurde auch angenommen, daß diese Baugruppe symmetrisch zur XZ-Ebene ist, was hinsichtlich der Modellgenauigkeit zugelassen werden kann. Die Belastungen sind in gleichen Abständen entlang der Führungsleiste verteilt.

Sie wurden bei der ersten Iteration so angenommen, daß sie Flächenpressungen von $p=1.0$ MPa entsprechen. Das Festkörperkontinuum wurde mit Hilfe räumlicher, achtknotiger Elemente mit drei Freiheitsgraden in jedem Knotenpunkt modelliert. Die Anzahl der Freiheitsgrade des ganzen Berechnungsmodelles war 1720. Die Berechnungen wurden auf einem Computer PC-386/20MHz durchgeführt. Das FE-Netzwerk des Führungstückes zeigt Bild 2.

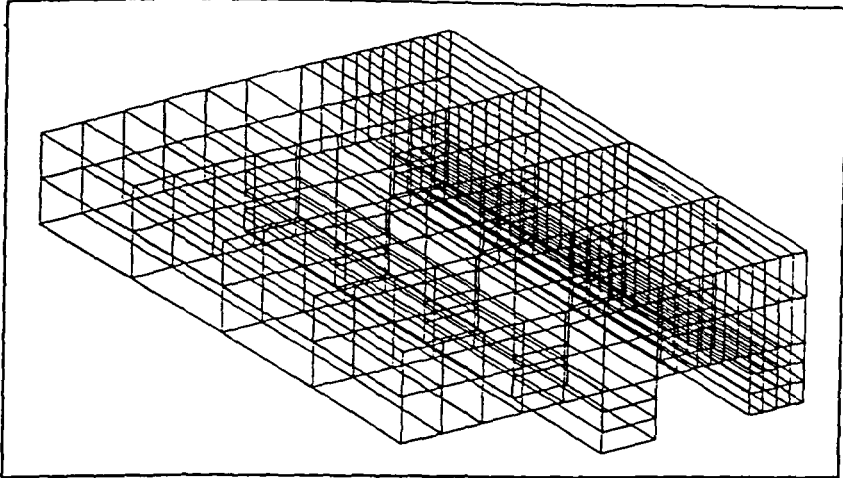


Bild 2. FE-Netzwerk des Führungstückes
Fig 2. Finite element model of the slide-guide unit

Das wichtigste Problem ist die Modellierung der Kontaktzone zwischen dem Führungsstück und der Führungsleiste. Dazu wurden Stabelemente ausgewählt, bei welchen die elastischen Eigenschaften der Kontaktzone in Parameterform vereinigt sind, entsprechend der diskretisierten Ersatzfläche Ap (Bild 3).

Zur Bestimmung der Parameter wurde die nichtlineare Abhängigkeit verwendet, die die Flächenpressungen p [MPa] und die dadurch hervorgerufene Normalverformung δ [μm] in der Kontaktzone beschreibt:

$$\delta = \alpha \cdot p^m \quad (1)$$

Wobei α und m die Faktoren sind, die von den Materialeigenschaften und der Oberflächengüte der gefügten Teile abhängen.

Die Nichtlinearität wurde durch die iterativen Berechnungen berücksichtigt. Bei jedem Iterationsschritt wurde auch die Kontaktfläche, durch die Elimination der Zugelemente, modifiziert. In jeder folgenden Iteration wurde dadurch das Modell den wirklichen Verformungen und der realen Kontaktfläche angenähert.

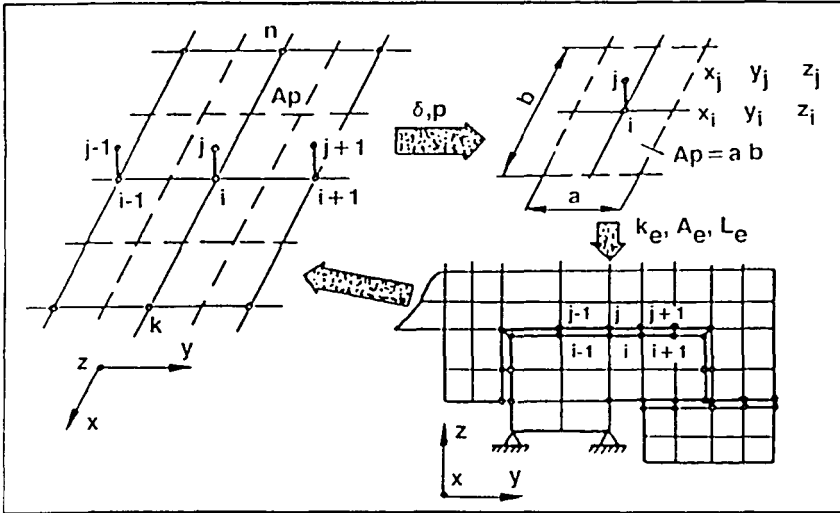


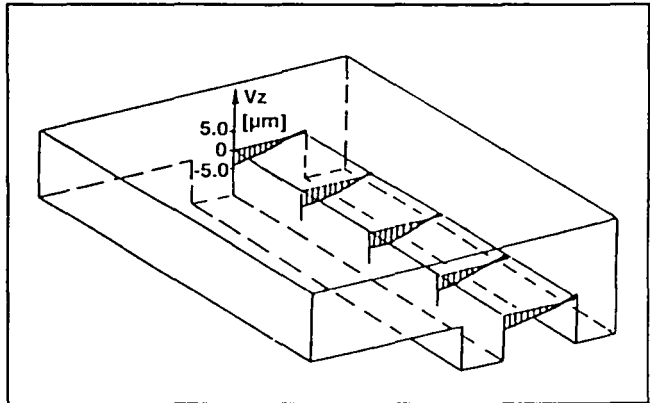
Bild 3. Modellierung der Kontaktzone der Gleitführung
 Fig.3. Modelling of body joint of slide-guide unit

ERGEBNISSE DER BERECHNUNGSANALYSE

Die Verformung zwischen beiden Kontaktflächen nach drei Iterationen wird in Bild 4 gezeigt.

Bild 4. Relative Verformung zwischen zwei Kontaktflächen

Fig.4. Relative displacement between two surfaces



Die Flächenpressungen können auf Grund dieser Verformungen bestimmt werden. Dafür werden die Zugkräfte und die diskretisierte Ersatzfläche verwendet. Für jede Iteration müssen diese Berechnungen wiederholt werden und die neuen Werte der Stabelementparameter berücksichtigt werden. Die Werte der berechneten Flächenpressungen sind im Bild 5 dargestellt. In diesem Bild ist auch die Kontaktgrenze zwischen beiden Flächen eingezeichnet.

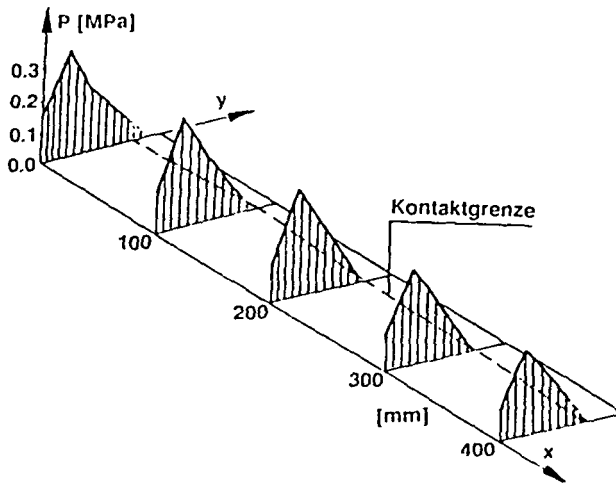


Bild 5. Flächenpressung auf der Führungsleiste
 Fig.5. The computed pressures on the slideway

Die berechneten Werte der Verformungen für alle Kontaktflächen dieser Baugruppe zeigt Bild 6 und die Flächenpressungen Bild 7.

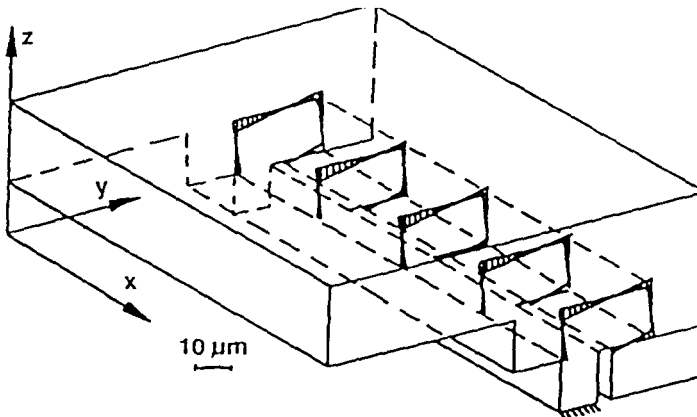


Bild 6. Relative Verformungen auf der Kontaktfläche
 Fig.6. Relative displacement between movable unit and slideway

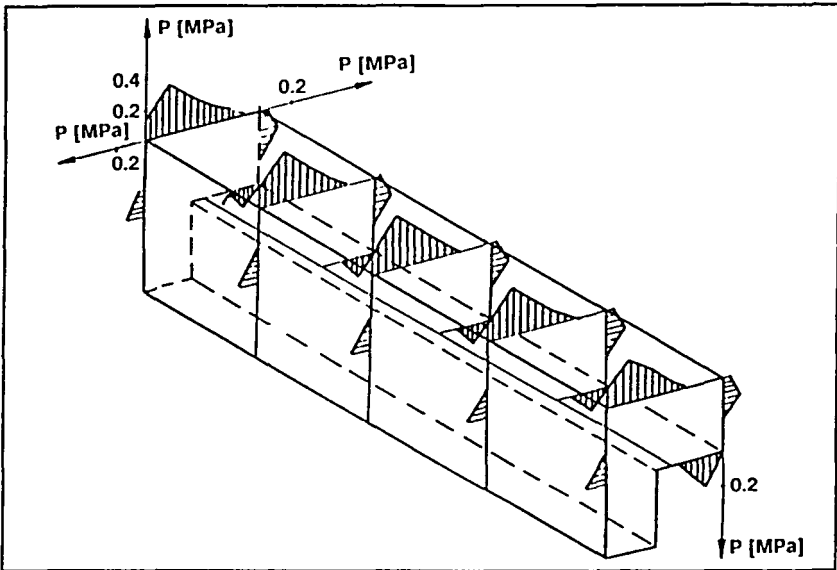


Bild 7. Flächenpressungen auf der Fläche der Führungsleiste
 Fig.7. The pressures on the surface of the slideway

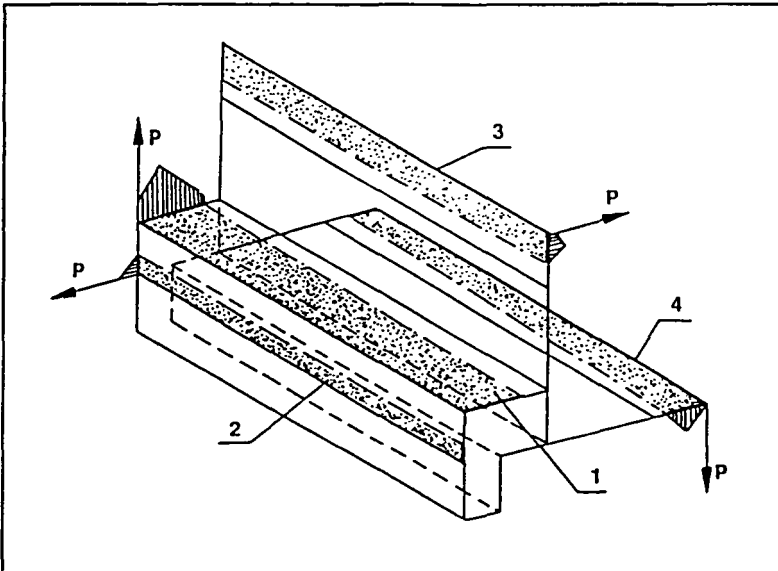


Bild 8. Die berechnete Kontaktfläche nach drei Iterationen
 Fig.8. The contact surface after three iterations

Die reale Kontaktfläche zwischen dem verschiebbaren Führungsstück und der Führnsleiste stellt Bild 8 dar. Die Reibungskräfte und der Verschleiß bei der Bearbeitung wirken nur in dieser Zone.

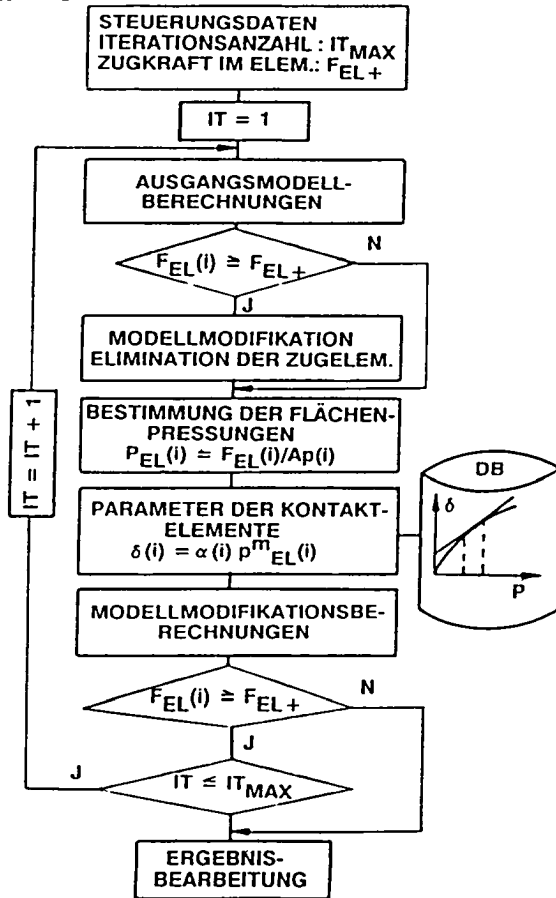


Bild 9. Struktur des Prozessors zur Berechnung der Führungen

Fig.9. The processor structure for computing the properties of the slideways of tooling machines

ZUSAMMENFASSUNG

Die dargestellten Ergebnisse der Berechnungsanalyse wurden durch "manuelle" Berechnungsmodellmodifikation in einzelnen Iterationen erzielt. Für die Ingenieur Tätigkeit ist das natürlich unbequem und nicht effektiv. Es müßte deshalb ein Pre- und Postprozessor erarbeitet werden. Das Struktogramm eines solchen Prozessors ist im Bild 9 gezeigt.

Das wichtigste Problem ist die Datenbasis, deren Inhalt die Koeffizienten für die Gleichung (1) sind. In diesem Fall kann man dann auch die praktische Anwendung solcher Methoden und Berechnungssysteme erwarten.

REFERENCES :

[1] Chlebus E., Tanner A. - Zur Konstruktion spanender Werkzeugmaschinen mit Konstruktionskatalogen, 10. Werkzeugmaschinenkolloquium - TU Dresden, S.59 -76, Februar 1989.

[2] Petueli G. - Theoretische und experimentelle Bestimmung der Steifigkeits- und Dämpfungseigenschaften normalbelasteter Fügestellen, Dissertation RWTH Aachen, Aachen 1983.

[3] Diekhans N. - Kleinrechnereinsatz für Berechnungsaufgaben im Konstruktionsbereich, VDI-Z, Reihe 1, Nr 68, S.90 - 91, Düsseldorf: VDI- Verlag 1980.

[4] Wojciechowski J. - Pressure and displacement modelling of slideway joint, 13-th International Conference on "Models in designing and constructions of machines", S.281 - 286, Zakopane 1989, Zeszyty Naukowe Politechniki Slaskiej, Z.92 Gliwice 1989.

[5] Chlebus E. - Modelling of the shear-guide unit with the method of finite elements, 13-th International Conference on "Models in designing and constructions of machines", S.31 - 36, Zakopane 1989, Zeszyty Naukowe Politechniki Slaskiej, Z.92 Gliwice 1989.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel
Institut für Werkzeugmaschinen
Universität Stuttgart
Holzgartenstraße 17
7000 Stuttgart 1
BRD .

Dr.-Ing. Edward Chlebus
Institut für Technologie des Maschinenbaues
Technische Hochschule Wroclaw J-24
50-371 Wroclaw
Ul.Lukasiewicza 3/5
Polen