

MATEMATISCHES MODELL DES MIKRODREHENS

József NYÍRŐ

Institut für Fertigungstechnologie
Technischen Universität Budapest
H-1111 Budapest, Egry József 1. Ungarn
Tel.: +36 1 463 2641
Fax: +36 1 463 3176
E-mail: nyj@next-1b.manuf.bme.hu

Eingegangen am 12 Oktober, 1999

Zusammenfassung

Recently the cost-economy is a very important component in production. That's why has the modeling so great importance: we can draw conclusions from the attempts made with computer. Thus we can produce results already on lower cost-level. The modeling was introduced by FORM 2D program. This is a FEM program in which we can examine different geometrical dates (cutting depth, cutting edge radius). In the program we are able to set different material quality, machining-tool and coolant (we also can change the feedrate). That's why we can produce very many kind versions and make examinations, too. Mainly the load, the material-flow, the critical displacement, the temperature-zones and the surface-stress can be examined. From these values we can draw final conclusion applied the geometry. By optimalization the values we are able to define how great cutting depth, cutting edge radius, feedrate are that we work with and which machining-tool is needed.

Keywords: analysis of microturning with the finite element method, modeling.

1. Einleitung

Heutzutage spielt die spanabhebende Mikrobearbeitung zum Beispiel: das Mikrofräsen ($\varnothing 0,3$ Fräser), Mikrodrehen, Mikrobohren ($\varnothing 0,1$ Bohrer) eine immer wichtigere Rolle. Unter Mikrozerspannung wird die Thematik der Mikrospanabhebung und auch die Herstellung der Miniaturbestandteile verstanden. Deshalb beziehen sich die später vorzustellenden Untersuchungen und Versuche auch darauf.

In der Vergangenheit wurden die Mikrobearbeitungen mit Laser oder mit ähnlichen besonderen Bearbeitungsverfahren gemacht, aber diese Methoden sind unwirtschaftlich. Wegen der Fertigung entweder mit Laser oder durch Maske werden die Preise streng erhöht. In erster Linie war das Ziel die Verminderung der Kosten, als die Einführung der Mikrozerspannung angeregt wurde.

Im folgenden Beitrag wird die Mikrozerspannung untersucht, die heutzutage ein sehr wichtiges, aktuelles Thema ist. Mit der Modellierung der Spanabtragsprozesse beschäftigten sich schon mehrere (z.B. Leonardo), aber diese ersten Versuche sind nur in den Makrostand eingegangen. Im späteren wurde das Erreichen der Mikrostrukturgröße als Ziel gesetzt, Untersuchungen in diesem Bereich durchzuführen, die Struktur und Änderung des Gefügestandes zu ermitteln.

Die Zerlegung geschieht jetzt nur mit dem 2D Modell, weil die Simulationsmöglichkeiten es erlauben. Bis jetzt ist die erreichbare Maximalbearbeitungsweise, die Hobeln- (Schaben-) bearbeitung und die dem Hobeln ähnlichen Bearbeitungsarten. Bei diesen Bearbeitungen werden das untersuchende Arbeitsstück und das Werkzeug gegeben. Leider kann das FORM2D Program nur dafür solche Bearbeitung prüfen. Man hat keine Möglichkeit, das Werkzeug um die Achse des Werkstückes sich herumzudrehen, was die Drehbearbeitung brauchte.

Heutzutage kann man mit Hilfe des FORM2D Programmes arbeiten, aber man hat schon die Möglichkeit, auch das MARC zu verwenden, womit man die Untersuchung im 3D-Bereich und auch die Simulation der Drehensarbeitsvorgänge durchführen kann.

2. FEM Methode: [1]

Die FEM Methode ist eine der wirksamsten, numerischen Verfahren heute überall in der Hand der Ingenieure, der Physiker und der Mathematiker für die Untersuchung der Aufgaben, die früher nur in analytischer Form (mit Differential- oder Integralgleichungen) aufgesetzt werden konnten, und wegen der mathematischen Schwierigkeiten konnte man sie mit den bekannten Verfahren überhaupt nicht, oder nur mit grober Näherung lösen.

Das charakteristische 'Produkt' des Verfahrens ist die Wissenschaft der zweiten Hälfte des XX. Jahrhunderts. Zum Entstehen hat man auch solche Legierung der Denkungsweise des Ingenieurs und des Mathematikers gebraucht, worauf kein Beispiel in letzten Zeiten war, und es wäre früher ohne die unvorstellbare Entwicklung der Computertechnik nicht möglich gewesen.

Die FEM Methode (natürlich korrekt aufgesetzt auf theoretische Gründe gebaut) bindet sich vielleicht von allen anderen Verfahren zu der Existenz der modernen Computer am engsten, deren Entwicklung voraussichtlich die weitere Verbreitung der Methode und die routinmäßige Ingenieur Anwendung hilft.

Die Anwendbarkeit des Verfahrens beschränkt sich auf die Untersuchung einer Struktur nicht, das System arbeitet mit dem universalen, rechnerischen Modell, das praktisch in fast allen Zweigen der Physik verwendet werden kann, in der Mehrheit der Fälle vorteilhafter als jede andere Methode.

3. Die Modellierung: [2], [3]

Sie ist zum Teil für die Planung der direkten, industriellen Anwendungen, zum Teil für Forschung zu benutzen. Die Ergebnisse sind direkt in der Planung der realen Formungsvorgänge zu verwenden. Durch den Benutzer des Programms reagiert die Simulation neben den gegebenen technologischen Faktoren direkt auf die Stoffströmung, die Temperatur, die Formänderung so, daß das Programm die

Gestaltungskraft, Energie und die anderen, für die Technologie wichtigen Parameter berechnet.

Viele Untersuchungen wurden durchgeführt, insbesondere wurden die Zerspanungsparameter verändert. Solche Parameter sind zum Beispiel die Schnittiefe, der Vorschub, der Abrundungsradius, der Einstellwinkel der Hauptschneide und die Werkstoffqualität. Diese Faktoren können beliebig verändert werden. Also können sehr viele Variationen aufgebaut werden. In diesem Fall waren die Faktoren:

Schnittiefe: 0,01 mm (wichtige Eigenheit zur Zerspanung im Vergleich).

Vorschub: 0,3 mm/s.

Abrundungsradius: 0,01 mm.

Einstellwinkel der Hauptschneide: 0° oder 3°.

Werkstoffqualität: Metall.

Das Werkstoffmodell: (Abbildung 1)

Zuerst ist das Werkstoffmodell auf dem nächsten Bild gezeigt. Dieses Modell benutzt das FEM Programm. Die Kurve zeigt die Belastung (σ) in Abhängigkeit von der Formänderung neben der gegebenen Formänderungsgeschwindigkeit.

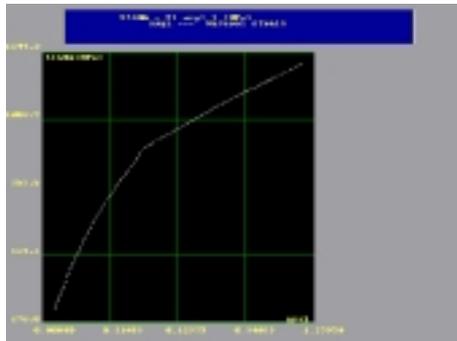


Abbildung 1. Das Werkstoffmodell

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden auf den Bildern vorgestellt:

Der Ausgangs- und der vergrößerte Zustand zeigt den Vorgang: (Abbildungsgruppe 2.)

Der Ausgangszustand des Vorganges ist auf der ersten Abbildung zu sehen, die anderen zeigen es vergrößert. In dieser Situation ist das Werkzeug mit dem oberen Stück verbunden, das die Bewegung macht. In der Mitte befindet sich der Werkstoff. Unten ist das untere Werkzeug, das den Werkstoff hält.

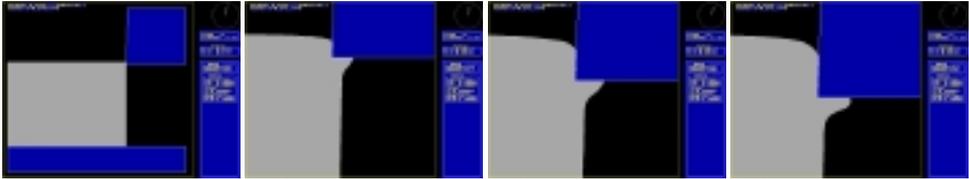


Abbildung 2. Der Vorgang

*Die Formänderungsgeschwindigkeit wird auf den nächsten Abbildungen gezeigt:
(3. Abbildungsgruppe)*

Daraus können Folgerungen gezogen werden. Die Größe und die Richtung der Pfeile zeigen gut an, in welcher Richtung und mit welcher Geschwindigkeit die Stoffteilchen strömen. Theoretisch kann man auf den Verlauf der Kornstruktur und auf das Versteifen folgern, später muss die Untersuchung auf die Wiederfederung gerichtet werden.

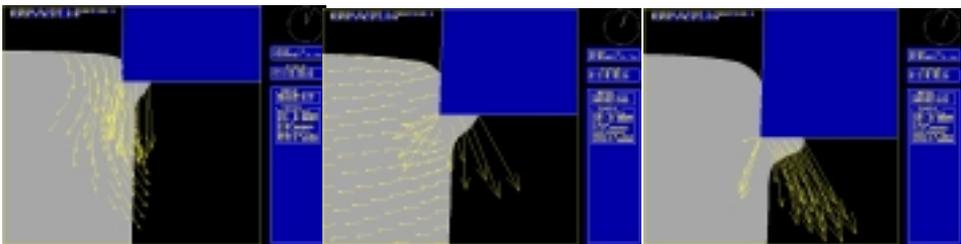


Abbildung 3. Das Ausgestalten der Formänderungsgeschwindigkeit

Das System macht ein FEM Netz auf dem Werkstoff: (4. Abbildungsgruppe)

Dieses Netz hilft in der Rechnung, eigentlich wird es aufgrund des Netzes gerechnet. Im allgemeinen arbeiten alle FEM Systeme so, das Netz wird auf den gefährlicheren Punkten dichter. Dadurch wird die Präzision der Rechnung bedeutend wachsen.

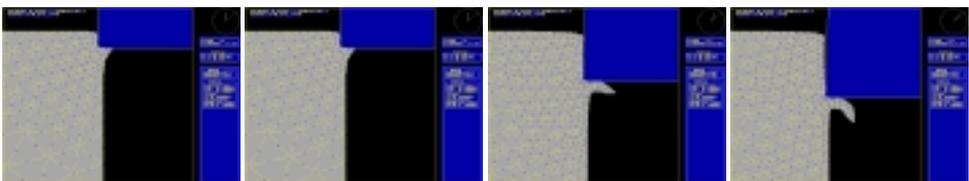


Abbildung 4. FEM Netz

3.1. Die Ausgestaltung des Lagrange Netzes auf dem Modell: (5. Abbildungsgruppe)

Die Ausgestaltung des Netzes hängt von der Aufgabe ab, aber es gibt einen maximalen Wert, der nicht weiter verfeinert werden kann. Aus der Bewegung dieser Netze kann man folgern, welche Formänderung die Kornstruktur leidet, beziehungsweise wie der Schnittvorgang auf das Stoffteilchen wirkt.

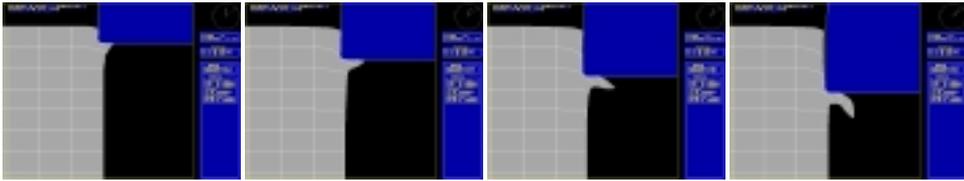


Abbildung 5. Die Ausgestaltung des Lagrange Netzes

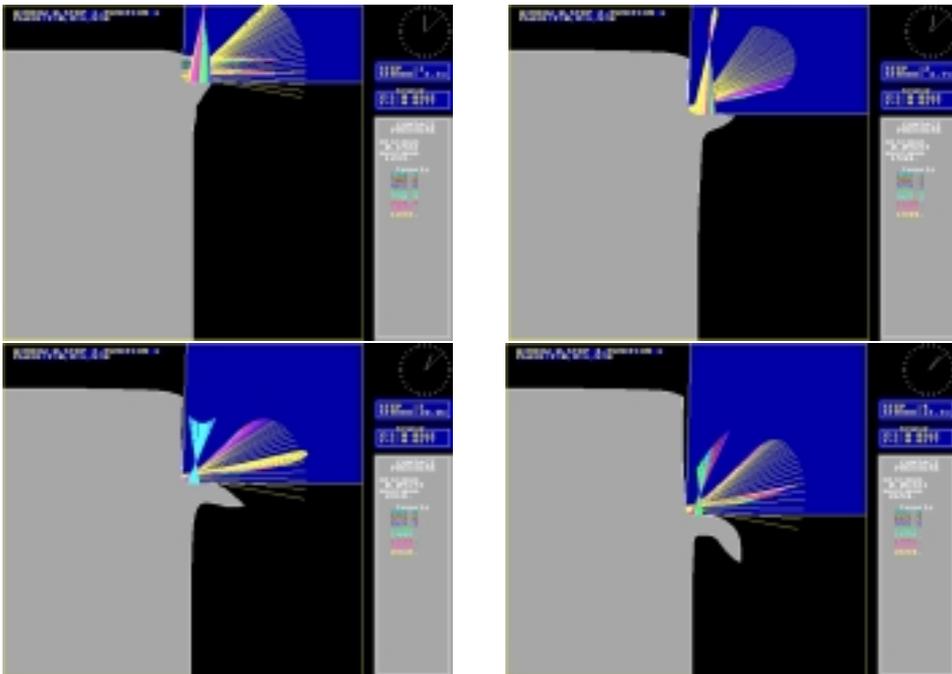


Abbildung 6. Oberflächenpressung

Der Verlauf der Oberflächenpressung: (Abbildungsgruppe 6.)

Die nächsten Bilder zeigen die an den Oberflächen entstehenden Pressungen. Daraus können wir auf den Werkzeugverschleiß (der Kraterverschleiß, der Spitzenverschleiß) schließen. Die Ergebnisse zeigen, wie große Belastung des Werkzeugstoffes aushalten muss. Im allgemeinen sind Wendschneidplattenwerkzeuge benutzt, die üblicherweise aus CBN oder industriellem Diamant gefertigt werden.

Während des Prozesses ist der Verlauf der Belastung dargestellt : (Abbildung 7.)

Das nächste Diagramm zeigt den konkreten Wert der Belastung (F), wie große Kraft in den einzelnen Positionen entsteht. Diese Belastungen hängen von ziemlich vielen Faktoren ab, zum Beispiel: Bearbeitungsgeschwindigkeit, Werkstoffqualität.

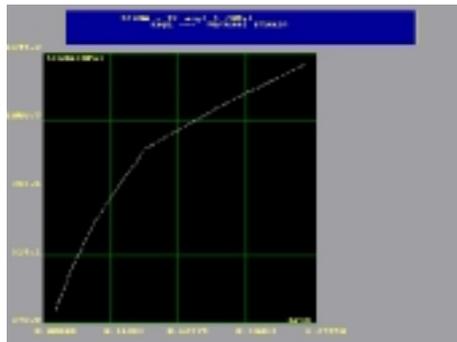


Abbildung 7. Der Verlauf der Belastung

4. Zusammenfassung

Sehr viele Folgerungen können aus dem Diagramm gezogen werden, damit es zum aktuell gesagt werden kann, welche Belastungen hinzugehören. Die Richtung, die Konvergenz, die Intensität des Verlaufes können am besten beobachtet werden.

Literatur

- [1] FORM2D System conclusion, Budapest.
- [2] RINKSMEIER, E.: Herstellung von Präzisionsbauteilen durch Mikrozerspanung, *Mikrozerspanung* IDR 4/94, 1994.
- [3] GÄBLER, J.: Mikrosysteme in der Fertigung–Fertigung von Mikrosystemen, *Mitteilung der TU Braunschweig*, Jahrgang XXXI, Heft II/1996.