

International Conference on
COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING

Internationale Konferenz über
RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME

Zakopane, March 24-27 1992

Alexander **JANAČ**, Karol **VELÍŠEK**

Material-Technologische Fakultät
Slowakische Technische Universität, Trnava ČSFR

**ANWENDUNG VON MATHEMATISCHEN METHODEN BEI DER SCHAFFUNG VON
TECHNOLOGISCHEN VORGÄNGEN**

Zusammenfassung. Der Beitrag spricht über die Möglichkeiten der Schaffung von technologischen Vorgängen mit Hilfe des BEST-Systems.

1. Einleitung

Das System des automatisierten Entwerfen von Technologischen Vorgängen ist ausarbeitet an der Material-Technologischen Fakultät in Trnava bei der Slowakischen Technischen Universität.

Das system wendet einen originellen mathematischen Vorgang für den technologischen Vorgangentwurf an. Ein mathematisches Modell definiert das Maschinenbauerstellungsprozess wie ein System von geordneten N-titen, die wir mit Hilfe der Mengen- und logischer Operationen von Eigenschaftenmengesystemen des Halberzeugnisses, des Erzeugnisses und der technologischen Operatoren gewinnen. Ein logisches Schema ermöglicht den entworfenen Vorgang willkürlich zu erweitern und ihm verschiedene Interpretationen zu geben. Der technologische Vorgang ist mit der Symbolendzahl zu beschreiben und darum ist es möglich ein universelles Algorithmus für den Entwurf und die Auswahl von optimierten Varianten des technologischen Vorganges der willkürlichen Maschinenbauerstellung zu finden. Dabei ist nicht entscheidend, ob er für das Entwerfen von technologischen Vorgängen des Gießens, Beschlags, Schweißens und der Bearbeitung angewendet ist und auch die Halberzeugnis- oder Erzeugniseigenschaften sind nicht entscheidend. Er ist für das Entwerfen von technologischen Vorgängen für die Rotations-, Fläche- oder kastenformige Einzelteile auf den Universal- und Sondermaschinen für ver-

schiedene Serienherstellung anwendbar. Die Allgemeinheit und ein breites Spektrum der Anwendung des BEST-Systems ist eine Konsequenz für die Schaffung des abstrakten logischen Schema eines Herstellungsprozesses und seine Modellierung. Das Lösungsergebnis des BEST-Systems sind die optimalisierte gleichwertige Varianten der technologischen Vorgängen für ein konkretes Halberzeugnis und Erzeugnis, für das konkrete Maschinenpaar, die Ausrüstung mit Herstellungshilfsmitteln und die Serienherstellung.

2. Theoretische Gründe des BEST-Systems

Die Grundaufgabe der Maschinenbautechnologie ist die Änderung der Bearbeitungsmaterialeigenschaften (des Halberzeugnisses) in die verlangene Erzeugniseigenschaften. Den Ausweg- und Ergebniszustand des Materialobjekts kann man ausdrücken wie eine Zusammenfassung seiner Haupteigenschaften auch mit Hilfe von Nummern. Nichtnumerische Eigenschaften stellen wir mit vereinbarten Kodern und Einheiten dar. Die Darstellung der Eigenschaften mit Nummern ist der Grund für eine Anwendung des mathematischen Apparates für die Problemlösungen der Maschinenbautechnologie.

Die Eigenschaftsänderung des bearbeitenden Materials läuft in einigen Schritten. Die übliche Beschreibung dieser Änderung ist der technologische Vorgang. Durch die numerische Darstellung von Ausgangs- und Endeigenschaften des Materials in den einzelnen Schritten der Änderung und den Mitteln dieser Änderung gewinnen wir das mathematische Modell des technologischen Vorgangs. Das mathematische Modell der Herstellungstechnologie transformiert die abstrakte, mit Nummern bestimmte Modelle der Ausgangseigenschaften des Materials auf die Endmodelle der verlangenen Eigenschaften. Die abstrakte Mitteln dieser Transformation sind mathematische, d.h. algebraische und logische Operationen.

Die Mitteln der realen Materialeigenschaftsänderung sind die realisierbare Kombinationen von Maschinen, Werkzeugen und Herstellungshilfsmitteln - sog. Herstellungsmittel. Die konkrete Gruppierung von Herstellungsmitteln verlangt bestimmte Ausgangseigenschaften des Materials und kann nur bestimmte quantifizierte Eigenschaftsänderungen ökonomisch realisieren. Die Materialeigenschaftsänderungen, die an der konkreten Herstellungsmittelgruppierung realisierbar sind, können wir wie eine N-tite der Mengen von Ausgangs- und Endzustand und von angewendeten Herstellungsmitteln bezeichnen.

Gleichzeitige Entwurfsmethoden von technologischen Prozessen im Maschinenbau beinhalten viele intuitive Schritte. Bei deren Lösungen stützen wir uns um die Erfahrung oder das technische Gefühl. Das sind die Situationen, wenn der Technologe über die angewendete Technologie (Bearbeitungsart), Mitteln (Werkzeugmaschinen, Vorrichtungen, Werkzeugen), Arten der Positionierung und Spannung des bearbeitenden Materials, usw. entscheiden soll. Im Grunde handelt es sich um Entscheidungssituationen.

3. Principe und Philosophie

Eine mathematische Methode der Bestimmung eines optimalen

technologischen Prozesses erfordert eine mathematische Beschreibung des Gegenstandes und der Mitteln des technologischen Prozesses und ihre gegenseitige Wirkung. Der Gegenstand des technologischen Prozesses ist das Werkstück, die Mitteln sind die Werkzeugmaschine, Werkzeuge und Vorrichtungen. Ihre gegenseitige Wirkung ruft verlangene Eigenschaftsänderung des bearbeitenden Materials hervor. Diese Wortbeschreibung können wir mit einnem System der sog. Elementaroperationen ausdrücken:

$$EO = [s, p, i, vp, oo, uo, usb, upb, n, t_m]$$

- wo ist s, p, i Kod des Werkzeugmaschinentyps, der Vorrichtung und des Werkstücks,
- vp - Ordnungsnummer der bearbeiteten Fläche in der Nummermatrix (im Modell) der bearbeiteten Flächen,
- oo, uo - Orientierung und Positionierung des Werstücks im Koordinatensystem der Werkzeugmaschine,
- usb, upb - Position- und Spanngrundlagen, definiert mit den Vektoren der axialen, radialen usw. Position-, Spann- und Stützflächen des Werkstücks,
- n - unvermeidliche Flächen notwendig für die Herstellung der Fläche vp mit der gegebenen Elementaroperation,
- t_m - technologische Möglichkeiten der Vorrichtung.

Das technologische Bearbeitungsprozess ist wie ein System der Elementaroperationen durch technologische, verbindungs- oder andere nichtbearbeitende Operationen in selbstständige Grenzen aufgegliedert.

Für die Bestimmung des technologischen Prozesses mit den mathematischen Methoden ist notwendig eine mathematische Beschreibung:

1. der Halberzeugnis- und Einzelteileigenschaften aus dem Standpunkt der Bearbeitung und anderen Nichtbearbeitungsoperationen,
2. der Herstellungsmöglichkeiten der gedachten Werkstattausrüstung, ob sie schon real existiert, oder nur in einer Projektphase ist,
3. der Zielfunktionen, die für die Optimalisierung des technologischen Prozesses, ihre Prioritäten und die Anwendungsgebiete angewendet werden.

Die mathematische Beschreibung von Eigenschaften des Halberzeugnisses und Einzelteiles schließt eine Beschreibung der Form und der Materialeigenschaften des Halberzeugnisses d_0 und des Einzelteils d_k ein. Formel sind die Nummermatrixen.

Die Herstellungskapazität der Werkstatt können wir mathematisch mit den Vektoren VO_1 , VO_2 und VO_3 beschreiben.

Vektor

$$VO_1 = [PPD_1, [s, i], VVP]$$

bestimmt die verlangene Werkstückparameter PPO_1 notwendige für die Möglichkeit einer Anwendung der Kombination von 1 Werkzeugmaschine und Werkzeug $[s, i]$ für die Herstellung der Flächen VVP. Z.B. verlangene Werkstückparameter für das Reiben ist das ausgesenkte Loch. Mit anderen Worten verlangene Werkstückparameter PPO_1 definieren die Menge der entsprechenden Werkstücke für die Kombination $[s, i]$.

Vektor

$$VO_2 = [PPO_2, [p, i], R_{usb}]$$

bestimmt den Typ und den technisch-ökonomisch begründeten Wert der Lage- oder Abstandabweichung R_{usb} , die bei der Werkstückparameter PPO_2 und bei der Anwendung von Spannvorrichtung p und Werkzeug i zwischen der Positionsebene und Bearbeitungsflächen entstehen können. PPO_2 schließt die Angabe ein, wie z.B. die Formabweichungen und die Rauigkeit der Positionsebene sind.

Vektor

$$VO_3 = [PPO_3, [p, i]]$$

bestimmt verlangene Werkstückparameter PPO_3 (Typ und die Ausmaße von Positions-, Spann- und Stützgründen, Werkstückschlankeitsgrad usw.) für die rationelle Anwendung der Spannvorrichtung p und des Werkstücks i .

Die Vektoren VO_1, VO_2, VO_3 bilden die Datenbank für den Entwurf des technologischen Prozesses. Sie enthalten alle empirische Angaben, die von Werkzeugmaschinen, Vorrichtungen und Werkzeugen oder anwendbaren Technologien abhängig sind. Darum ist der mathematische Lösungsvorgang für willkürliche Werkstattausrüstung geeignet.

Die Hauptstelle vom Standpunkt der Eigenschaften des gewonnenen technologischen Prozesses nehmen die Zielfunktionen ein. Theoretische Überlegungen und die Erfahrung bestätigen, daß mit der Priorität- und Anwendungsgebietänderung der Zielfunktionen, z.B. der Typanzahl von angewandten Werkzeugmaschinen, Werkzeugen, Spannvorrichtungen oder ihre Änderungsanzahl, usw. ist es möglich die technologische Prozesse zu gewinnen, die den Bedingungen der Stück-, Serien- oder Massenherstellung entsprechen. Diese Tatsache macht den mathematischen Vorgang des technologischen Prozessentwerfens universal auch aus dem Standpunkt des Herstellungstypes.

4. Lösungsvorgang

Der erste Schritt des mathematischen Lösungsvorganges ist eine Aufgliederung des technologischen Prozesses in abgeschlossene Abschnitte der Bearbeitungsoperationen. Wenn $d_0 = d_{1,0}$ und $d_k = d_{n+1,k}$ bekommen wir von $[d_0, d_k]$ $n + 1$ abgeschlossene Bearbeitungsabschnitte. Das sind die Paare

$$[d_{1,0}, d_{1,k}], [d_{2,0}, d_{2,k}], \dots [d_{i,0}, d_{i,k}], \dots \\ \dots [d_{n+1,0}, d_{n+1,k}]$$

wo n die Anzahl von eingereichten Nichtbearbeitungsoperationen ist.

Die bekannten Material- und Formeigenschaften des Ausgangsmaterials und Finalwerkstücks d_k und die Beschreibung der Möglichkeiten des Maschinenparks diese Änderung rational realisieren zu können, gestatten mit der Berechnung die Art und die Anzahl von thermochemischen oder anderen Nichtbearbeitungsoperationen und die Formen von Eingangs- $d_{i,0}$ und Ausgangserzeugnissen $d_{i,k}$ für abgeschlossene Bearbeitungsabschnitte festzulegen. Wenn die Nichtbearbeitungsoperation die Eigenschaften von bearbeitetem Material aus dem Bearbeitungsstandpunkt (die Formherstellung und die Relationensicherung) nicht ändert, dann ist $d_{1,k} = d_{2,0}$ bzw. allgemein

$$d_{i-1,1} = d_{i,0}$$

Den technologischen Bearbeitungsprozess entwerfen wir stufenweise für die abgeschlossene Bearbeitungsabschnitte $[d_{i,0}, d_{i,k}]$ für $i = 1$ erst $n + 1$.

Zusammenfassung

Das Ergebnis des BEST-Systems ist ein Ziffernmodell des optimalen technologischen Prozesses. In der formalen Beziehung ist es eine Ziffermatrix, in der Inhaltsbeziehung ist es eine angeordnete Reihe von Elementaroperationen, die die Bedingungen der Eindeutigkeit, Einordnung und Vollständigkeit erfüllt. Der Informationsinhalt des Ziffernmodells des technologischen Prozesses entspricht völlig den gegenwärtigen verbalen (wörtlichen) Beschreibungen bis zu den Kontrolloperationen. Diese werden in den technologischen Prozess auf Grund der ökonomischen Kennziffern eingereiht.

Fals

$$z > \frac{K}{N}$$

wo ist z Ausschubhäufigkeit der ausgeführten Operation oder der Operationsgruppe

K - Kosten für die Kontrolloperation

N - Kosten, die mit einer weiteren Werkstücksbearbeitung im technologischen Prozess oder mit den Reklamationen verbunden sind,

dann ist die Einreihung der Kontrolloperation ökonomisch begründet. Außer der Bedingung der ökonomischen Begründung kann man auch andere Entscheidungsregeln anzuwenden.

LITERATUR:

- [1] BÉKÉS, J.- ANDONGV, I.: Analýza a syntéza strojárskych objektov a procesov. ALFA, Bratislava 1986.
- [2] BÉKÉS, J. : Inžinierska technológia obrábania kovov. ALFA, Bratislava 1981.
- [3] JANÁČ, A. a kol. : Návrh systému automatickej tvorby technologických postupov. SVŠT, Bratislava 1982

APPLICATION OF MATHEMATIC METHODS IN THE CREATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Summary

In the producing of technological processes is applied a set access coming out of the mathematic model of the machining process. Produce facilities of the configuration machine - fixture - tool can be define by the identification of all blanks and all produceable surfaces. So by comparing qualities of the blank and workpiece with the discription of qualities of all utilizable blanks and all produceable surfaces we can decide on the basis of a set operation about the usage of the configuration machine - fixture - tool for producing the concrete detail. We will obtain an elementary operation by using a simple transformation. This operation defines the machine und the tool by which could be some surface of the detail produced. This operation also defines a quality of the concrete blank used for this operation.

Using this dates we can by application of a logical operation create variants of the technological process or choose on the basis of the free aim funkcions the optimal technological process.

ZASTOSOWANIE MODELU MATEMATYCZNEGO PRZY OPRACOWYWANIU PROCESU TECHNOLOGICZNEGO

Streszczenie

W artykule opisano możliwość opracowywania procesu technologicznego wraz z operacjami kontroli przy pomocy systemu BEST.

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992r.

Recenzent: Jan Darlewski