

International Conference on  
**COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING**

Internationale Konferenz über  
**RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSSYSTEME**

Zakopane, March 24-27 1992

Mieczysław FELD  
Mieczysław SIEMIĄTKOWSKI

Institut für Fertigungstechnik  
Technische Universität Gdańsk, Polen

**VORSCHLAG FÜR EINE RECHNERINTEGRIERTE FERTIGUNGSPROZESSPLANUNG UND  
-STEUERUNG IN DEN QUASI-FLEXIBLEN BEARBEITUNGSINSELN VON NC- UND  
-CNC-MASCHINEN**

Zusammenfassung. Es wird ein Konzept für den Bau eines Systems zur rechnerintegrierten Fertigungsprozessplanung und -steuerung in Bearbeitungseineln für das Drehen mit NC- und CNC-Maschinen vorgestellt. Im Einzelnen werden ein Strukturmodell für das System, technische Mittel der Realisierung ausgewählter Steuerebenen, Funktionen der Software-Module sowie Kommunikationsprinzipien zwischen ihnen besprochen.

1. Einführung

In praktischen Lösungen für flexible Bearbeitungssysteme ist eines der Schlüsselprobleme die Steuerung des Fertigungsprozesses. Die Notwendigkeit einer laufenden Anpassung der Industrieunternehmen an die Marktforderungen, Lieferbedingungen, Verkauf und Lagerung bei aus den Fertigungsmöglichkeiten folgenden Einschränkungen ist mit solchen Problemen verbunden wie: langfristige Planung, technologische Produktionsvorbereitung, Planung der Maschinenstände-Belegung, Realisierung der laufenden Produktionssteuerung. Die Aufgabe der Lösung dieser Probleme wird gestellt an Systeme zur operativen Steuerung von Produktionsabläufen. Von diesen Systemen wird eine rasche Reaktion und Anpassung ihrer Strukturen an die sich verändernden Fertigungsaufgaben erwartet.

Im Rahmen von Forschungsarbeiten innerhalb des Zentralen Forschungs- und Untersuchungsprogramms (CPBR) Nr. 7.5 wurde am Institut für Fertigungstechnik der Technischen Universität Gdańsk ein Konzept für ein rechnerintegriertes Planungs- und Steuersystem für flexible Drehmaschineninseln für "Rotationskörper"-Teilegruppen entwickelt. Eine Zuordnung des Werkstückspektrums (Form und Dimensionsbereich) sowie die

Auswahl der Systemanordnung waren Gegenstand von Studien zu im Unternehmen ZUC "Hydroster" in Gdansk auftretenden Bedingungen. Dieses System wurde projektiert unter dem Aspekt einer Einführung in diesem Unternehmen.

## 2. Ausgangsvoraussetzungen

Bei den Arbeiten zum System wurde eine Identifizierung der Struktur und der Parameter des Prozesses auf der Grundlage von Analysen der technologischen Unterlagen und der realen Produktionsverläufe im erwähnten Unternehmen ausgeführt. Dabei entschied man sich dafür, daß das technologische Teilsystem, das formal Steuerobjekt ist, neben neueingeführten Automatisierungsmitteln (CNC-Maschinen) auch bereits vorhandene konventionale NC-Maschinen umfaßt, und zwar hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit zur gleichen Organisationseinheit in der Verwaltungsstruktur des Unternehmens. Dies brachte die Notwendigkeit mit sich, Tätigkeitsfolgen auszuschließen, die sich im Bereich der manuellen Steuerung bewegen und realisiert werden in Annäherung an die konventionelle Industriepraxis (quasi-flexibles Steuermodell).

Gleichzeitig wurden folgende Voraussetzungen angenommen:

- die Arbeit einer flexiblen Bearbeitungsinsel (FBI) ist im Zwei-Schicht-System organisiert und in deren Struktur können physikalisch T-verschiedene Fertigungstypen einer Drehbankgruppe auftreten und im Bereich eines Types S-Stände mit veränderlicher Fertigungstechnik,
- im Untersystem für die Projektierung von Fertigungsprozessen wurde ebenfalls die Möglichkeit der Varifierung von Bearbeitungsprogrammen für Operationen angenommen, die aufeinanderfolgende Produktionsaufgaben zur Ausführung in der Insel in Abhängigkeit vom Typ des Standes entsprechen.

In der allgemeinen Struktur von Steuersystemen wird neben der perspektivistischen Steuerung, die verbunden ist mit der Bilanzierung der Produktionskapazität in mittlerem Zeitintervall, die Operativsteuerung unterschieden [1,3]. Bei dieser Operativsteuerung des Produktionsprozesses kommt es zu einer Lösung der laufenden Probleme bei der Realisierung von mittelfristigen Plänen (einmonatlich). Diese Steuerung erfolgt auf der Grundlage von Tages-Schicht-Maschinenbelegungen, die bei der Festlegung der Steuerstrategie vorbereitet werden. Die Operativsteuerungsebene umfaßt darüber hinaus eine Etappe der Dispositionssteuerung, deren Ziel es ist, die erarbeitete Strategie (Belegung) in realer Zeit unter Anwesenheit von Störungen zu realisieren [2].

## 3. Funktional-Strukturmodell des Systems

Es wurde ein Mehrkomputer-System zur Steuerung einer FBI mit distributiver Intelligenz und hierarchischer Struktur angenommen. Hierbei wurden drei Hauptsteuererebenen unterschieden:

- Verwaltungsebene,
- Prozessteuererebene,
- Direktsteuererebene (sog. physikalische Ebene).

Die Verwaltungsebene wird dargestellt durch ein übergeordnetes System mit einem Komputer vom Typ IBM PC/386, der die technologische und organisatorische Produktionsvorbereitung übernimmt, dabei auch die Projektierung von Fertigungsprozessen und Erstellung von Produktionsplänen für mittlere Zeitintervalle. Es wurde vorausgesetzt, daß diese Funktionen realisiert werden in "off-line"-Modus - mit Zeitvorlauf - hinsichtlich der Aufgaben, die aus der laufenden Steuerung folgen.

In der Prozessteuerebene ist vorausgesehen, einen Mikrocomputer der Klasse IBM PC/AT oder Micro VAX II mit Terminalsystem VT als Inselrechner einzusetzen, indem er einem gesonderten Steuer- und Überwachungszentrum zugeordnet ist.

Die Direktsteuerebene, in dem Teil des flexiblen Bearbeitungsstandes des Systems, wird ausgeführt über CNC-Steuerer vom Typ SINUMERIK 810 T, deren Funktionen gestützt sind durch spezielle intelligente Werkzeugmaschinen-terminale (Kommunikationsprozessoren), die beim Informationsaustausch mit dem Inselrechner vermitteln. Als Kommunikationsprozessoren treten angepasste IEM PC/XT-Komputer in Industrieausführung auf. In dieser Ebene sind außerdem zwei alphanumerische Terminals (Rechner in Industrieausführung IBM PC/XT) vorgesehen, um die Kommunikation mit dem Personal der Produktionsabsicherung in Halbfabrikaten (Materialverteilung) und Werkstattleistungen (Ausrüstungsabteilung) zu sichern. Kommunikationsmittel im System ist ein Rechnernetz, das geleitet wird durch ein mehraufgabiges und -zugängliches Operationssystem QNX. Das Rechnernetz ist sternförmig mit dem Prozessrechner als leitender Rechner verbunden. Die Synchronisierung der Steuerung in den verschiedenen Einheiten der physikalischen Ebene erfolgt über eine höhere Ordnung (via Prozessrechner), dem auch die Funktion der Überwachung und Planung der Produktion zugeordnet ist.

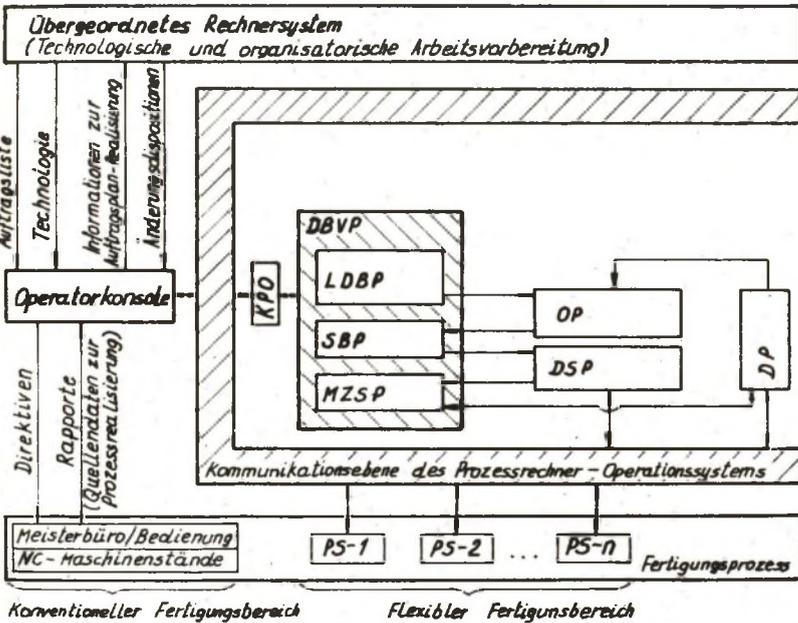


Bild 1. Softwarestruktur eines Steuersystems für eine flexible Bearbeitungsinselfabrikation; KPO-Kommunikationspaket mit Operator, DBVP-Datenbase-Verwaltungspaket, MZSP-Monitoringzustand-Statistikpaket, OP-Optimierungspaket, LDBP-Lokal-Datenbasepaket, SBP-Strategiebeschreibungspaket, DSP-Dispositionssteuerungspaket, DP-Diagnosepaket, PS-1...n-Produktionsstationen 1...n

In der Anwender-Softwarestruktur des Inselrechners (Bild 1) ist eine Reihe von Funktionsmodulen herausgehoben, wobei zwei Ebenen der Einwirkung auf den Funktionsablauf berücksichtigt wurden. Auf höherer Ebene (OP) wird die suboptimale Steuerung in bestimmtem Zeitabschnitt festgelegt; auf niedrigerer Ebene (DSP-Paket) wird die laufende Dispositionssteuerung in Realzeit verwirklicht. Die Optimierung wird ausgeführt auf der Grundlage der Zielfunktion (Steuerkriterium), die die Einhaltung der geplanten Termine für die Erfüllung der Produktionsaufgaben bei gleichzeitiger optimaler Nutzung der Maschinenbelegung der FBI berücksichtigt. Das Flußdiagramm für die dreistappige Optimierungsprozedur ist in Bild 2 dargestellt.

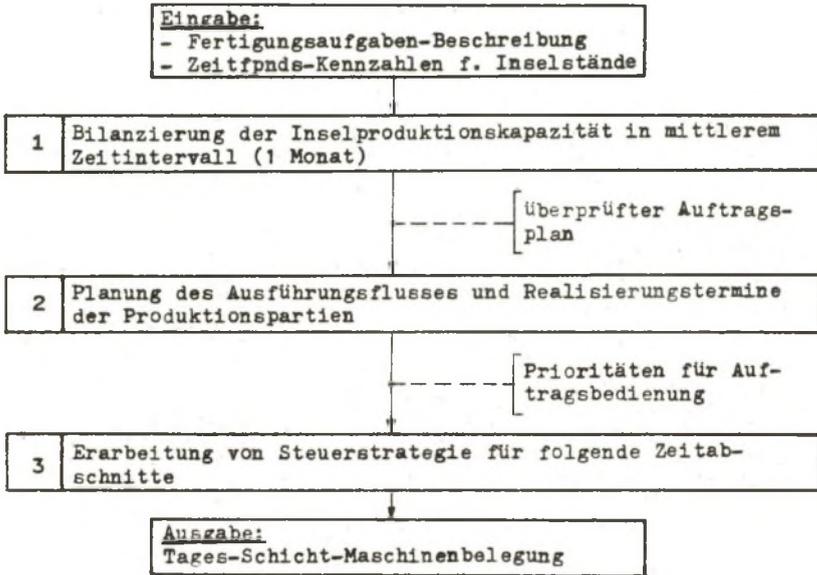


Bild 2. Flußdiagramm für die Optimierungsprozedur

Das Dispositionssteuerpaket (DSP - Bild 1) als Kern des Steuersystems realisiert dessen Hauptfunktionen im Bereich:

- Aufgabenverteilung an die einzelnen Stationen des Produktionssystems (PS-1...n) sowie
- deren gegenseitige Synchronisierung auf der Grundlage einer Analyse des Vektors des Systemzustandes sowie des Zustandes der Realisierung von Produktionsaufgaben.

Notwendige Daten für die Festlegung der Steuerstrategie sind im Lokal-Datenbasepaket (LDEP) aufbewahrt, das im Bereich des Datenbase-Verwaltungspaketes (DEVVP) berücksichtigt ist.

Die lokale Datenbase enthält im Einzelnen:

- Parameter zur Beschreibung der Produktionsaufträge zur Ausführung in FBI,
- Daten zur Fertigung für das Teilespektrum, das in FBI bearbeitet ist,

- Kennziffern der aktuell realisierten Fertigungsvarianten.

Quelle für diese Daten ist das übergeordnete Rechnersystem.

Im Rahmen des LDBP werden auch Informationen aufbewahrt, die den laufenden Zustand des Systems sowie auch den realisierten Produktionsprozess betreffen, und genutzt werden wiederum durch Monitoring des Systemzustandes und der Produktionsstatistik (MZSP).

Im Bereich des Paketes DBVP werden Daten zwischen den im Steuersystem verschiedene funktionelle Aufgaben realisierende Programme (Mehrzugänglichkeit der Datenbank) übertragen, darunter auch die Strategie zur Dispositionssteuerung, die durch die Optimierungsprozedur erarbeitet und im Paket SBP gespeichert wird.

Die Verwaltung der lokalen Datenbank erfolgt unabhängig von den laufenden Steuerungen und anderen vom System ausgeführten Aufgaben.

Das Diagnosepaket DP erfüllt in der Steuerung Funktionen, die verbunden sind mit der Analyse der von den einzelnen PS gesendeten Kommunikate oder Erregungen, die vom FEI-Operator mittels Konsole generiert werden. Dies bildet die Grundlage für eine komplexe Einschätzung des Systemzustandes sowie auch für die Entscheidung über die Klassifizierung von Havarien und Organisationsstörungen.

In der Konsequenz ermöglichen programmierte Software-Lösungen des Prozessrechners eine vollständige flexible automatisierte Fertigung in CNC-Maschinenständen (Flexibler Fertigungsbereich). Darüber hinaus wird der FEI-Operator im Steuer- und Überwachungszentrum unterstützt bei der Entscheidung zur Steuerung des Produktionsprozesses in NC-Maschinenständen (Konventioneller Fertigungsbereich).

#### 4. Schlussfolgerungen

Auf der Grundlage der dargestellten Lösungen und bisheriger Arbeiten am System können folgende Schlussfolgerungen genannt werden:

- das vorgestellte Systemkonzept bildet Möglichkeiten einer quasi-flexiblen Organisierung der Produktion in Zellen mit Inselstruktur, die konventionelle NC- oder auch moderne CNC-Werkzeugmaschinen umfassen,
- Offenheit und Flexibilität der Systemstruktur ermöglicht sowohl einen Anschluss von zusätzlichen Bearbeitungsstationen (Mengenänderung) an das Fertigungssystem, als auch eine Veränderung der Arbeitsweise schon angeschlossener Stationen, was aus der Einführung von Automatisierungsmitteln (Qualitätsänderung) ohne Notwendigkeit einer Modifizierung von Struktur und Funktion der Software des Prozessrechners folgt,
- der Vorschlag des Einsatzes von vereinheitlichter Hardware, gestützt auf Mikrokomputer IBM PC/AT/386 bildet breitere Möglichkeiten für die Realisierung des dargestellten Konzepts in Landesbedingungen,
- der Einsatz von Heuristik-Mengen bei der Lösung von Aufgaben zur Synthese von Steueralgorithmien erlaubt eine Generierung suboptimaler Steuerungsstrategien, die für die Industriepraxis zufriedenstellend sind.

## LITERATURA

- [ 1 ] Automatyizacja dyskretnych procesów przemysłowych. Praca zbiorowa pod kierunkiem H. Kowalowskiego, WNT, Warszawa, 1984.
- [ 2 ] Feld, M., Siemiątkowski, M.: Systemlösung zur operativen Steuerung einer flexiblen Bearbeitungsinself. Internationales Symposium zum Thema: "Automatisierung- und Messtechnik", Wien, Österreich 1990, S. 35-37.
- [ 3 ] Pritschow, G.: Automatisierungstechnik - Eine ganzheitliche steuerungstechnische Aufgabe. Produktionstechnisches Kolloquium '89 International zum Thema: "Management für Technologie und Arbeit", Berlin, 1989, S. 65-71.

## A PROPOSAL OF COMPUTER-INTEGRATED PROCESS PLANNING AND PRODUCTION CONTROL FOR QUASI-FLEXIBLE MANUFACTURING CELLS

### Summary

In the paper a conception of a system for planning and controlling production processes in quasi-flexible manufacturing cell with NC- and CNC-machine stations is introduced. In particular the framework of a multi-level system and technical means for realizing control shells, functions of the software modules and principles of communication between them are discussed.

## KONCEPCJA REALIZACJI KOMPUTEROWO ZINTEGROWANEGO PROJEKTOWANIA I STEROWANIA PROCESEM WYTWARZANIA W QUASI ELASTYCZNYCH GNIAZDACH TOKAREK NC I CNC

### Streszczenie

W referacie przedstawiono koncepcję budowy zintegrowanego komputerowo systemu planowania i sterowania produkcją w gnieździe tokarskim z obrabiarkami NC i CNC. W szczególności omówiono model struktury systemu, środki techniczne realizacji wyróżnionych warstw sterowania, funkcje modułów oprogramowania oraz zasady komunikacji między nimi.

Wpłynęło do redakcji w styczniu 1992 r.

Recenzent: Jan Wójcikowski