Alfred PASZEK, Ryszard KNOSALA

Institiut für Maschienenbau
Schlesische Technische Universität, Gliwice, Polen

EIN WISSENSBASIERTES SYSTEM FÜR TECHNISCHE PRODUKTIONSVORBEREITUNG

Kurzfassung. In dieser Arbeit wird ein wissensbasiertes System für eine technische Produktionsvorbereitung, am Beispiel eines hydraulischen Zylinders, vorgestellt. Beschrieben wird die Wirkungsweise des Systems in Einheiten des rechnerunterstützten Projektierens (CAD) und der Herstellung (CAM) von Teilen hydraulischer Zylinder. Ausgehend von gemeinsamen Grundkenntnissen wurde eine Integration dieser Module durchgeführt. Das wissensbasierte System wurde mit Hilfe eines MAS-Skelettexpertensystems aufgebaut. Das in diesem System eingeschlossene Wissen wird durch Entscheidungstafeln und Rahmen repräsentiert. Eine dieser Entscheidungstafeln wird als Anwendungsbeispiel dieses Systems angeführt.

1. Einführung

Das Hauptziel einer technischen Produktionsvorbereitung ist die Konstruktion von neuen Erzeugnissen, die Erarbeitung von technologisch-konstruktiven Unterlagen, Konstruktionsunterlagen für spezielle Produktionsmittel und Vervollkommnung von Erzeugnissen und Produktionsmethoden im Entwicklungsprozeß. Die Entwicklung der Maschinenbauindustrie hängt im hohen Maße von der Leistungsfähigkeit und der Arbeitsqualität der technischen Belegschaft ab. Ein Verfahren zur Lösung dieses Problems ist die Einführung von industriellen Systemen der rechnerunterstützten Herstellung (CAM). Die integrierte Herstellung führt zu einer Erhöhung der Betriebseffektivität auf Grund einer besseren Nutzung der menschlichen Vorräte und einer breiten Anwendung der Rechnertechnik. Zur elementaren Aufgaben einer technologischen Vorbereitung der Produktion gehören: Entwurf von Erzeugnissen, Ausarbeitung der technologischen Prozesse und das Programmieren von digitalen Steuerverfahren der einzelnen Arbeitsgänge. Die Verwirklichung dieser Aufgaben wird an CAD/CAM-Systeme angelehnt [2].

Die CAD-Aufgaben sind strikt mit den CAM-Aufgaben verknüpft. Eine typische Aufgabe auf dem Gebiet der technologischen Prozeßplanung ist eine Antwort auf die Fragen: Welche Arbeitsgänge in Anlehnung an welche Technologie, in welcher Reihenfolge und auf welchen Maschinen, müßen ausgeführt werden um das gegebene Erzeugnis zu erhalten? Das

Wesentliche dieser Aufgabe beruht auf der Suche nach einer technologischen Marschroute, d.i. die Reihenfolge der Arbeitsgänge zum Erhalten des gegebenen Erzeugnis, die solche typische Bewertungskriterien erfüllt wie: Einzelpreis und Zeitaufwand, Nutzungsgrad der technologischen Einrichtungen, laufendes Produktionsniveau usw. Bei der Lösung dieser Aufgabe werden verschiedene Varianten der Reihenfolge der technologischen Arbeitsgänge, die bei der Realisierung der gegebenen Einschränkungen durch bestehenden Einrichtungen, verwendet [1].

2. Ziel und Bedingungen für den Aufbau von eines wissensbasierten System

Es wurde ein wissensbasierte System für die technische Vorbereitung der Herstellung von hydraulischen Zylindern ausgearbeitet. Ziel dieses Systems ist die Gewährleistung einer Entscheidungshilfe bei der Lösung von komplizierten Problemen bei der Konstruktion und der Herstellung von hydraulischen Zylindern. Es wurde ein Dialogmodus des Benutzers mit dem Rechner zu Grunde gelegt. Bei der Einbeziehung der Anforderungen an die rechnergestützte Herstellung wurde ein CAD- und CAM-Expertensystem für hydraulische Zylinder geschaffen. Für eine Integration der Module wurde eine gemeinsame Wissengrundlage geschaffen. Der Integrationsfaktor ist der Zusammenhang zwischen der Konstruktionsform eines gegebenen Zylinderelement und seiner Prozeßstruktur.

Als Gegenstand der Überlegungen wurden folgende Grundelemente des hydraulischen Zylinders gewählt: das Zylinderrohr, die Kolbenstange und eine Stopfbüchse.

Das wissensbasierte System ist für den Technologen und Konstrukteur bestimmt. Dieses System ermöglicht einen schnellen und leichten Zugang zu den besten, überprüften konstruktiven und technologischen Lösungen und zeigt in vielen Fällen die beste Lösung für die gegebenen Kriterien.

3. Das wissensbasierte System im Konstruktonsprozeß

Das wissensbasierte System ermöglicht die Wahl der Form des hydraulischen Zylinders für die vorgegebenen technischen Parameter. Für die gewählte Form stellt das System die einzelnen Module, Norm- und Katalogelemente für das Zylinder zusammen. Als Ergebnis erhalten wir eine Liste der konstruktiven Zylindermodule.

Die technischen Parameter, die die hydraulischen Zylinder kennzeichnen sind: Kolbendurchmesser, Kolbenstangedurchmesser, Betriebsdruck, Hub, die Kraft über und unter dem Kolben usw.

Die Wissensbasis des Systems enthält Daten in der Form von Wechselbeziehungen zwischen den charakteristischen Eigenschaften des Zylinders. Zum Beispiel, für solche Parameter wie: die Kraft unter und über dem Kolben und der Nominaldruck wird der Durchmesser des Kolbens, der Kolbenstange sowie die maximale und minimale Auslegung, bestimmt. Die

Wissensbasis enthält auch die Wechselbeziehungen zwischen:

- den konstruktiven Typen und ihren charakteristischen Eigenschaften,
- den charakteristischen Eigenschaften und der konstruktiven Modulenform,
- den konstruktiven Eigenschaften und den konstruktiven Modulennummern.

Zum Beispiel, für vom Betreiber erhaltene Daten über: die Kolbenstangeöse, Zylinderbodenöse, das Speisesystem des Zylinders usw., wählt das wissensbasierte System den Typ und die Konstruktionsform und für die charakteristische Eigenschaften -die konstruktiven Module des Zylinders. Die Kenntnisse in der Wissensbasis wurde vom Modulsystem für Hydraulikzylinder übernommen [5]. Die Wissensbasis enhält Kenntnisse über das technische Niveau der erörterten konstruktiven Familie. Diese Information wird aktualisiert, z.B. durch die Forschungsergebnisse verschiedener Abdichtungen.

4. Das wissensbasierte System im Herstellungsprozeß

Das wissensbasierte System ermöglicht die Ausarbeitung von technologischen Prozessen für entsprechende Elemente hydraulischer Zylinder.

Die Datenbank des wissensbasierten Systems enthält vom Betreiber erhaltene Daten, über die Form und die technologischen Eigenschaften des bearbeiteten Gegenstandes und Zwischendaten vom Schlußfolgerungsmodul, als Ergebnis einer Analyse der eingeführten Daten. Die Entscheidungsprobleme werden realisiert in Anlehnung an:

- die geometrisch-technologische Charakteristik des bearbeiteten Gegenstandes,
- die Charakteristik des technologischen Herstellungssystems,
- die technologische Kenntnisse, die die allgemeine und einschlägige Grundlagen technischer Prozesse gestalten.

Der Betreiber giebt die Daten ein, die die geometrisch-technologische Charakteristik des zu bearbeiteten Gegenstandes beschreiben. Diese Charaktristik kann im Code, der dem Zylinderelement durch das Konstruktionsmodul zugeordnet wird, enthalten sein. Wenn der Betreiber nicht dieses Modul verwendet, sollten folgende Daten eingeführt werden:

- Daten, die die Klasse des bearbeiten Gegenstandes identifizieren, z.B. Kolbenstange, Stopfbüchse usw.,
- Daten, die die Zeichnung des Gegenstandes identifizieren: Erzeugnistyp, Zeichnungsnummer, Bezeichnung usw.,
- Herstellungsanzahl des Erzeugnisses,
- Material des zu bearbeiteten Gegenstandes,
- Daten, die die Wärme- und Oberflächenbehandlung beschreiben: Art der Behandlung, Ort und Bereich der Behandlung usw.,
- spezielle Anweisungen, die die Konstruktion betreffen: Oberflächenbeschaffenheit, Anforderungen an die Endbehandlung, Charakteristik der speziellen Eigenschaften des Gegenstandes usw.,

- geometrische Eigenschaften des Gegenstandes der einzelnen Formelementen.

Jedes Element wird durch ein Datenverzeichnis beschrieben, das den Oberflächentyp, ihre Dimension, die Maß- und Formtoleranz, die Schlagbedingungen, die Oberflächenbeschaffenheit und spezielle Bedingungen, identifiziert.

Die Wissensbasis enthält sog. technologische Kenntnisse, die in der Form von technologischen Prozeßgestaltungsprinzipien, für eine bestimmte Gruppe von Gegenständes, umschrieben wird. Die obigen Prinzipien werden auf der Grundlage allgemeiner technologischer Grundsätze, den Erfahrungen aus den bisherig erarbeiteten Prozessen und vor allem, den Informationen, die von Experten erhalten wurden, gebildet. Diese Prinzipien können die Wahl der Oberflächenbeschaffenheit, und ihre Genauigkeit, die Zerspannwerkzeuge für eine bestimmte Bearbeitung von ebenen, äußeren und inneren Walzkörperoberflächen usw., betreffen. Die Daten in der Wissensbasis sollten die Abhängigkeit der vom Betreiber eingeführten Ausgangsdaten und den Strukturen der technologischen Musterprozesse, betreffen. Für ein bestimmtes Herstellungssystem sind die Anfangsbedingungen zu bestimmen.
Diese betreffen:

- die Halbfabrikate der Erzeugnisse, z.B. die Halbfabrikate für die Stopfbüchsen können nur das Schmiedestück, die gewalzte Stange oder das Rohr, sein. Welches Halbfabrikat gewählt wird, hängt von der Geometrie, der Herstellungsanzahl usw., ab,
- die Art der technologischen Operation, z.B. für die Kolbenstange sind folgende Operationen nötig: Schneiden, Ausrichten, Stirnfräsen, Zentrieren, Drehen, Bohren, Kalibrieren, Verchromen usw.,
- die Art der Verarbeitung, z.B. grobe, formgebende und endliche,
- die Wahl der Werkzeugmaschinen, z.B. die Dreharbeiten werden auf numerisch gesteuerten Drehbänken ausgeführt,
- den Programmsatz für die Werkzeugmaschine,
- die Art der spanabhebenden Werkzeuge, z.B. Schneidstähle usw.

Das Projektieren eines technologischen Processes wird mit Hilfe einer Generiermethode realisiert [10]. Ihr Wesen beruht auf der Bildung einer Prozeßstruktur, für einen bearbeiten Gegenstand, in Anlehnung an allgemeine technologische Grundlagen und Analyse der Realisationsmöglichkeiten eines bestimmten Herstellungssystems. Die allgemeine Struktur des, an die Generationsmethode angelehnten Systems zeigt Bild 1.

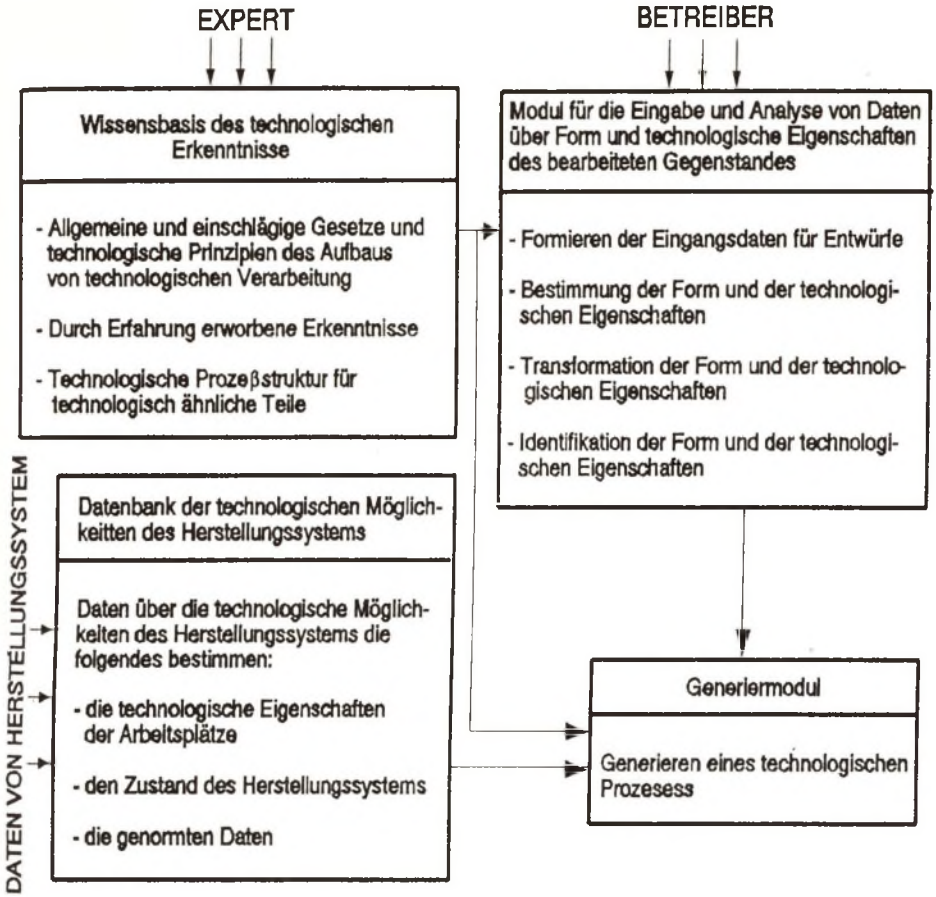

Bild 1. Die allgemeine Struktur des, an die Generationsmethode angelehnten Systems

Die Projektionsprozedur der rechnerunterstützen technologischen Prozesse eines bestimmten Zylinderelement, besteht aus folgenden Etappen:

- Wahl des Halbfabrikats,
- Wahl der technologischen Operationen: Art und Reihenfolge der Maßnahmen,
- Wahl der Werkzeugmaschine auf der die Operation realisiert wird,
- Wahl der Werkstatthilfen und Zerspannwerkzeuge,
- Wahl der Roboter und andere Herstellungseinrichtungen für die einzelnen Operationen.

5. Beschreibung des wissensbasierten Systems

Das wissensbasierte System wurde auf dem MAS-Skelettexpertensystem aufgebaut. Die Ausarbeitung beruhte auf dem Schreiben einer Kenntnisdatei. Das MAS-System enhält ein vollständiges Schlußfolgerungsmodul, das die Kenntnisdatei durchsucht und die Reihenfolge der Analyse ihrer Elemente bestimmt. Die Kenntnisse aus einem bestimmten Gebiet werden durch hierarchisch geordneten Entscheidungstabellen repräsentiert. Das wissensbasierte System ist in der Form eines Textblocks geschrieben [6].

Nachstehend die Beschreibung einer Entscheidungstabelle, die in diesem System angewendet wurde. Die Entscheidungstabelle wird mit Hilfe einer Funktion der äußerlichen Beschreibung des DECTABLE-Rahmen programmiert. Sie besteht aus Bedingungen, Operationen und Regeln. Das hier beschriebene Beispiel betrifft die Entscheidungshilfe beim Entwurf von technologischen Prozessen für Stopfbüchsen von hydraulischen Zylindern. Die Bedingungen enthalten Fragen über die Eingabedaten für den Entwurf von technologischen Prozessen wie: Konstruktionsform der einzelnen Elemente, die Produktionsanzahl und die technologischen Möglichkeiten des Herstellungssystems. Dem Betreiber verbleibt die Fragen auf dem Bilschirm des Rechners zu beantworten. Die Tätigkeiten beschreiben die Antworten des wissensbasierten Systems nach einer Prüfung der Eingabedaten und nach der Durchführung einer Schlußfolgerung. In diesem Fall ist das ein Vorschlag für die Wahl des Ausgangsmaterials für die Herstellung der Büchse und ein Rahmenprozeß der Technologie, mit einer Beschreibung der Operationen und Aufzählung der Arbeitsplätze für diese Operationen. Regeln bestimmen die Zusammenhänge zwischen den realisierten Tätigkeiten und den erfüllten (anerkannten) Bedingungen. Alle Elemente der Entscheidungstabelle haben ihre Symbole.

Beschreibung der Bedingungen und der Tätigkeiten, die in der Entscheidungstabelle enthalten sind.

Bedingungen:

C01 - Wird eine Stopfbüchsenhülse mit einem Flansch gewählt?
C02 - Wird eine Stopfbüchsenhülse ohne Flansch gewählt?
C03 - Wird die Hülse für eine Aussenstopfbüchse gewählt?
C04 - Soll ein Einzelprodukt gefertigt werden?
C05 - Soll eine Serienproduktion gefertigt werden?
C06 - Ist im Betrieb eine Manipulatoreinrichtung (Roboter)?
C07 - Ist im Betrieb eine Abhäng- und Zentiermaschine?
C08 - Ist im Betrieb eine von folgenden CNC-Werkzeugmaschinen:
- CNC-Drehbank?
- ein Bohr- und Fräszentrum?

Tätigkeiten:

D01 - STOPFBÜCHSENTECHNOLOGIE:
D02 - Auswahl des Ausgangsmaterials: gewalzter Stab (Material: St5-Stahl).
D03 - Auswahl des Ausgangsmaterials: Gesenkschmiedestück (Material: St5-Stahl).
D04 - Schneiden des Materials mit Werkstoffzulage für Planierung (Arbeitsplatz: Spannsäge).
D05 - Drehen der Stirn- und Innenfläche (Arbeitsplatz: konventionelle Drehbank).
D06 - Drehen der Stirn- und Innenfläche (Arbeitsplatz: CNC-Drehbank)
D07 - Drehen der Stirn- und Außenfläche (Arbeitsplatz: konventionelle Drehbank).
D08 - Drehen der Stirn- und Außenfläche (Arbeitsplatz: CNC-Drehbank).
D09 - Lochbohren (Arbeitsplatz: Radialbormaschine).
D10 - Lochbohren, Nutfräsen (Arbeitsplatz: Bohr- und Fräszentrum)
D11 - Nutfräsen (Arbeitsplatz: Senkrechtfräsmaschine).
D12 - Gütekontrolle.
D13 - Anwenden einer Manipulationseinrichtung (Roboter) für die CNC-Werkzeugmaschine.
D14 - Achtung: Widersprechende Bedingungen.

Nachstehend die beschriebene Entscheidungstabelle:

	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R1
C01	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C02	-	-	-	-	-	-	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-	-	-	-	-	-	-
C03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-
C04	Y	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	-
C05	-	Y	Y	Y	Y	Y	-	Y	Y	Y	Y	Y	-	Y	Y	Y	Y	Y	-
C06	-	Y	Y	Y	-	Y	-	Y	Y	Y	-	Y	-	Y	Y	Y	-	Y	-
C07	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-
C08	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-
D01	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-
D02	Y	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	-
D03	-	Y	Y	Y	Y	Y	-	Y	Y	Y	Y	Y	-	Y	Y	Y	Y	Y	-
D04	Y	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	Y	-	-	-	-	-	-
D05	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	-
D06	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-
D07	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	-
D08	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-
D09	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	-	-	-	-	-	-	-
D10	-	Y	-	Y	Y	-	-	Y	-	Y	Y	-	-	-	-	-	-	-	-
D11	Y	-	Y	-	-	Y	Y	-	Y	-	-	Y	-	-	-	-	-	-	-
D12	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-
D13	-	Y	-	Y	-	-	-	Y	-	Y	-	-	-	Y	-	Y	-	-	-
D14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Y

Die Kolumnen R01..R19 enthalten die Regelliste. Die Zeilen C01...C08 enthalten eine Beschreibung der Bedingungen, die folgende logische Werte annehmen (YES), (NO). Die Bedingungswerte in der Tafel bedeuten [6]:

Y - bedeutet, daß der Wert (YES) erwartet wird. Das Zeichen "-" bedeutet, daß der Bedingungswert nicht geprüft wird.

Die Zeilen D01...D14 enthalten die Beschreibung der Tätigkeiten. Die Tätigkeitswerte in der Tafel bedeuten:

Y - bedeutet, daß die Tätigkeit ausgeführt wird, wenn die Bedingungen der Regeln erfüllt sind. Das Zeichen "-" bedeutet, daß diese Tätigkeit nicht ausgeführt wird.

Bei der Realisation der Tätigkeiten, die mit den Entscheidungstafeln verbunden sind, wurde angenommen daß:

- die Bedingungen in der Reihenfolge ihrer Niederschrift geprüft werden (von oben bis unten),
- die Regeln in der Reihenfolge ihrer Niederschrift geprüft werden (von links nach rechts),
- bei der Prüfung der Regelvoraussetzung nur die Bedingungen ausgeführt werden, für welche der erwartete Wert YES gilt,
- die Tätigkeiten in der Reihenfolge ihrer Niederschrift ausgeführt werden (von oben bis unten).

Die erste Regel für die eine völlige Übereinstimmung der Bedingungswerte mit den Bedingungswerten in der Tafel besteht, wird angewendet. Das bedeutet, daß die in der Regel mit dem Zeichen **Y** beschriebene Tätigkeit ausgeführt wird. Die angewendete Entscheidungstafel ist ein typisches Beispiel einer sog. Schlußfolgerung "nach vorn", wo anerkannte Voraussetzungen entsprechende Tätigkeiten bewirken [6].

6. Zusammenfassung

Das beschriebene wissensbasierte System soll dem Betreiber eine wirksame Hilfe bei der Lösung von konstruktiven und technologischen Aufgaben für hydraulische Zylinder sein. Der Betreiber erhält einen schnellen und leichten Zugriff zu erprobten und optimalen Lösungen und auf ihrer Basis erhält er eine optimale Lösungen des eigenen Problems. Die Anwendung eines wissensbasierten Systems ermöglicht eine Kürzung und Vereinfachung des technischen Vorbereitungszyklus der Herstellung von Elementen hydraulischer Zylinder.

LITERATUR

[1] Banaszak, Z., Jampolski, L.: Das rechnerunterstützte Modellieren flexibler Produktionssysteme (in Polnisch). WNT, Warszawa, 1991.

[2] Wąs, A., Izdebski, R., Kopczyński, L.: Das automatische Projektieren technologischer Prozesse in der Maschinenbauindustrie (in Polnisch). WNT, Warszawa, 1978.

[3] Sikora, J., Kasprzak, A.: Die Rechnerunterstützung des Technologen im Betrieb der Maschinenbauindustrie (in Polnisch). Prace Instytutu Obróbki Skrawaniem - Referaty, Kraków, 1989.

[4] Cholewa, W., Pedrycz, W.: Expertensysteme (in Polnisch). Skrypt Politechniki Śląskiej nr 1447. Gliwice, 1987.

[5] Knosala, R., Gendarz, P., Reich, K., Wencel, H.: Handbuch der Konstruktion von hydraulischen Zylindermodulen (in Polnisch). Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice, 1990.

[6] MAS-Skelettexpertensystem - Benutzerdokumentation (in Polnisch). W. Cholewa, Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska, Gliwice, 1993.

[7] Nebendahl, D., Remmele, W.: KI aktuell. Expertensysteme in der Praxis. Siemens Aktiengeselschaft, München, 1989.

[8] Nebendahl, D.: Expertensysteme. Siemens Aktiengeselschaft, München, 1989.

[9] Hollingum, J.: Expert Systems. CommercialExploitation of Artificial Intelligence. Springer-Verlag, Berlin, 1990.

[10] Kals, H.I.I., Van Houten, F.I.M.: Strategy in Generative Planning of turning Processes. Annals of the CIRP Vol. 35/1/1986.

[11] Geitner, U.W. (Hrgs.).: CIM-Handbuch. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig, 1991.

Gutachter: Jan Szadkowski