

본연구는 1997년 전주대학교 학술연구조성비에 의하여 연구되었습니다.

후레임 모델에 의한 연삭가공용 데이터 베이스의 설계

김 건 회*

Design of Grinding Database by Taking Frame-Based Model

Gunhoi KIM*

ABSTRACT

Grinding operation has difficulty in satisfying the qualitative knowledge based on the skilful expert as well as the quantitative data for all user. Design of grinding database based on the frame-based model is more effective method for utilizing the empirical and qualitative knowledge.

In this paper, basic strategy to develop the grinding database by taking frame-based model, which is strongly dependent upon experience and intuition, is described. Grinding database based on the frame-based model for designing the interaction and inference among the slots is accomplished by the object-oriented paradigm system.

Key Words : Grinding Operations(연삭가공), Frame-based Model(후레임모델), Grinding Database(연삭데이터베이스), Automation Manufacturing Systems(자동생산시스템), Object-Oriented Paradigm System(목적지향형시스템)

1. 서 론

無人自動化的 실현을 하기 위해서는 이를 지원하는 데이터베이스의 성능 및 效率에 의해서 생산시스템의 기능이 좌우된다. 특히, 연삭가공 자동화지원을 위한 데이터베이스의 設計·構築에 사용되는 지식의 표현에는 연삭가공의 특성상 숙련자의 經驗이나 技能 등의 정성적 지식을 이용할수 있어야 한다. 또한, 연삭가공용 자동화 생산시스템의 지원을 하기 위한 데이터베이스에 蓄積되는 지식이 經驗이나 技能 등의 定性的 知識에 크게 의존하는 경우가 많으므로 이를 유효하게 이용할수 있도록 데이터베이스의 設計와 知識表現이 되어야 한다.

生産加工에 있어서 데이터베이스의 활용기술은 生産自動化的의 요구가 근년에와서 급격히 대두됨에 따라 효율적인 생산을 위한 데이터베이스의 구축이 연구되었다. 즉, 생산자동화분야에 있어서는 작업조건의 설정, 공구의 선택, 가공액의 선정 및 트러블의 검지·처리를 포함한 CIMS의 요구가 가속화되고 있다. Otto Decker⁽¹⁾는 정압베어링의 열적영향에 따른 공작기계제어를 위한 데이터베이스를, T. Matumura⁽²⁾와 K. Iwata⁽³⁾는 절삭가공을 대상으로 최적가공조건의 설정 및 가공중에 발생하는 트러블의 認識·處理를 퍼지이론과 確定係數(Certainty Factor)를 적용하여 구축하였으며, M. Higuchi⁽⁴⁾는 熟練作業者的의 절삭현상에 대한 銳利한 관찰력에 기초한 패

* 전주대학교 기계공학과

턴인식을 기초로한 공작물의 피삭성의 특징을 분류한 패턴인식의 적용에 의한 被切削 데이터베이스를, 연삭분야에 있어서는 K. Nagasaka⁶⁾는 연삭가공의 특징을 확률론적 寫像으로 간주하여 조건설정용 데이터베이스를 設計·構築하였다. 이들 데이터베이스는 대부분이 공작기계의 특성을 구체적으로 기술하지 않은 汎用性에 중점을 두고 있다. 그러나, 본연구의 대상이되고 있는 연삭가공 중 고정도·고품위를 요구하는 생산을 대상으로한 경우에 있어서는 동일한 모델의 공작기계라 할지라도 그결과는 경우에 따라서는 相異한 차이가 있어, 이러한 특징을 충분하고도 詳細하게 반영하기 위해서는 각각의 정보를 후레임안의 스톱(Slot)에 유기적으로 분류하여 收納함으로써 신뢰성 있는 데이터의 활용 및 推論時間의 단축을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 Lot size가 비교적 적은 準專用 研削加工을 대상으로하기 위한 工作機械의 특성을 고려하여 지식을 특징의 개념으로 분류해, 그 개념을 詳細한 일정의 모듈(Module)로 구성한 후레임 모델(Frame-based Model)로 설계하고, 그 시스템의 운용에는 目的指向型(Object Oriented Paradigm Systems)로 구축하였다. 따라서 이를 위한 효율적인 연삭가공용 데이터 베이스의 설계를 위한 기본 알고리즘을 정립하고, 설계한 시스템의 성능을 검토하였다.

2. 후레임 모델 적용을 위한 特性分析

본연구에서 사용한 후레임 모델의 특징으로 후레임간의 관계표현에는 클래스(Class)와 인스턴스(Instance) 관계(Instance-of relationship), 슈퍼 클래스(Super-class)와 서브 클래스(Sub-class) 관계(Is-A of relationship), 그룹관계 (Part-of relationship), 關聯(Role)와 變數(Variable), 屬性(Priority), Trigger, Method을 정의하여 설계하였다. 이러한 방식은 節次型知識(Procedural Knowledge)과 宣言的知識(Declarative Knowledge)⁶⁾을 기능별로 분류하여 수납할 수 있어 多樣한 후레임간의 Network를 有機的으로 연결함으로써 複雜한 지식표현도 간단하게 수행할 수 있다. 후레임간의 유기적인 Network관계로는 다음과 같다.

Class-Instance relationship 본시스템에서는 후레임 종류를 Instance, Sub-class, Class의 3종류로 분류하고 있다. Instance는 개개의 사실을 표현하는 후레임, Class는 복수의 인스턴스에 共通하는 후레임, Class

는 복수의 인스턴스에 共通하는 데이터를 定義한 후레임, Sub-class는 Class에 속한 지식을 보다 細分化한 지식을 의미한다. 즉 Fig.1은 연삭숫돌에 관한 후레임 모델에 의한 지식의 수납형태이다. 연삭숫돌에 관련된 요소로는 조직(Structure), 결합도(Grade), 입도(Grain Size), 결합제(Bonding Material), 입자의 종류(Grain)으로 구성된다. 이와같이 여러요소를 一體로 구성할 경우에는 후레임 모델에 의해서 설계하면 Group화 관리가 가능하게 되고, 시스템 운영에 효율성을 도모할 수 있다. 또한, Grain는 Vitrified-Bonded Wheel에 있어서 KS규격에는 A, WA, MA, C, GC만으로 규정되어 있으나, 실제로는 연삭숫돌 회사에 따라 표시기호가 다를 수도 있다. 따라서, Grain에 있어서 메이커의 제품별과 KS규격 등의 통일규격으로 양쪽규격의 데이터를 수납할 필요가 있다. 즉, Fig.1과 같이 Class frame에 연삭숫돌 규격의 지식, Instance frame에 Maker에 의한 제품별 지식으로 분류하여 표현하므로써 效率性있게 지식을 관리할 수 있다.

Super-Subclass relationship 이는 Class와 복수의 共通하는 데이터를 갖는 Class를 추상화해서 한가

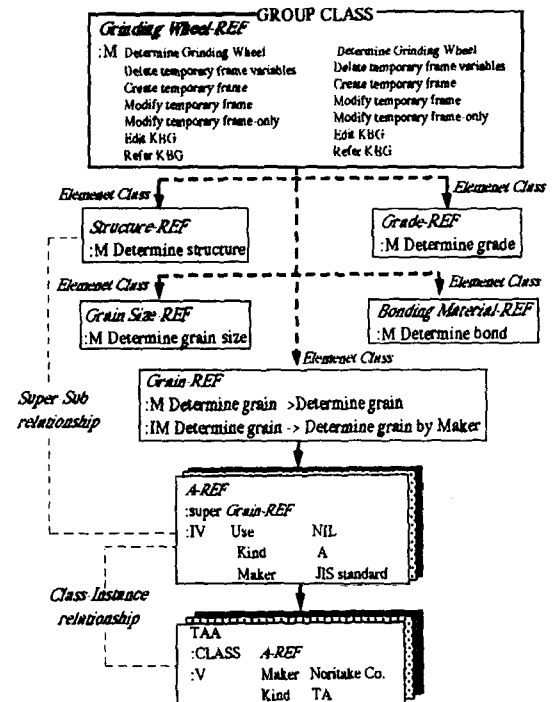


Fig. 1 Database for Grinding Wheel by Frame-based Model

지로 정리된 클래스간의 上位-下位 개념관계를 의미한다. 이를 IS-A relationship이라고도 한다. Fig.1과 Fig.2에서와 같이 IS-A 관계에는 상위의 개념 Class인 Super-class의 데이터를 하위개념 클래스인 Sub-class에 계승시키는 遺傳作用(Inheritance Role)을 한다. 유전의 제어는 屬性(Priority)에 의하여 이루어진다.

야할 공작물에 관한 정보와 가공에서 얻어진 정보를 재 활용하기 위한 데이터를 축적하기 위한 연삭결과 후레임간의 相互作用을 하기위해 정의한 大役函數이다.

Variable 본시스템에서의 변수는 후레임에 수납되어 있는 宣言의 데이터를 의미한다. 즉 Fig.2의 각각의 Box가 하나의 Slot (또는 Frame)를 뜻하며, 이 Slot의 Slot명, Slot값은 변수명, 변수값에 對應한다. 즉 클래스와 인스턴스 관계에 있어서 클래스에 인스턴스 변수를 정의하고, Default value⁽⁷⁾로서 이용한다. 또한 Super-class와 Sub-class관계에 있어서 遺傳作用에 의해 Super-class의 후레임 변수가 Default value가 된다.

Priority 후레임 변수에 관련하는 情報을 기술하기 위해 屬性이라는 附加데이터를 정의하였다. 속성에는 시스템 속성과 사용자 속성으로 되어 있으며 시스템 속성은 遺傳制御(Inheritance Control)를 하는 "Irole", ":trigger-for-get", ":trigger-for-put" 등이 있다. Irole은 Slot 상호간의 지식의 공유할수 있도록 하기위해 정의한 大役函數이며, :trigger-for-get와 :trigger-for-put는 부가데이터의 参照와 追加登錄을 하기위한 大役函數이다.

Trigger 후레임 변수에 参照나 更新 등의 Access가 있는 경우 미리 정의한 추가 절차형 지식을 기동하는데 이용된다. 본시스템에서의 Trigger는 변수가 参照되었을 때 기동하는 함수(Get function)과 경신후에 기동하는 함수(Put function)의 2종류가 있다. 이들을 조합하여 사용함으로써 고도의 推論이 가능하게 하였다. 그러나 Trigger의 濫用은 推論制御가 복잡해지는 단점이 있어 시스템 전체로서의 안전성, 일관성, 모듈성의 확보가 어렵게 되어 되도록 억제하도록 하였다.

Method Trigger와 같이 절차형 지식을 수납하기위한 것으로 Trigger와 다른 점은 Method가 후레임에 메시지를 송신하면 할 때마다 기동되는 점이다. Method를 이용하므로써 메시지 송신쪽에서는 송신쪽 후레임의 내용을 의미할 필요없이 지식의 표준화와 모듈화를 할 수 있다. 지식의 표준화와 모듈화는 데이터 베이스를 상호 공유하기 위해서는 매우 중요한 작업의 하나이다. Fig.1과 2의 ":M, :IM" 등이 이에 해당된다. 본 논문에서 :M은 Method을, :IM은 Instance Method을 의미하며, :IM의 기능은 :M의 기능과 유사하다.

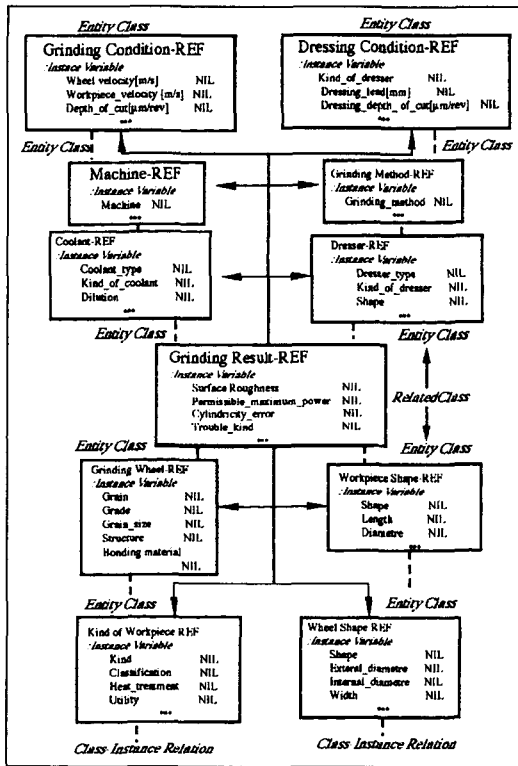


Fig. 2 Relationship of Role Interaction by Frame-based Model

Group relationship 構成要素가 몇 개의 변수로 이루어져 있는 경우 각각의 변수를 취급한다든지 구성요소 전체를 일괄적으로 취급하면 편리해진다. 이러한 경우에 있어서 그룹 관계(PART-OF relationship)을 이용한다. 본시스템에서는 Fig.1과같이 연삭숫돌의 후레임 지식표현에 이용하고 있다.

Role Fig.2와 같이 關聯(Role)은 이용자가 새롭게 정의한 함수로 시스템의 有機的인 交通을 신속하게 해준다. 연삭가공시에 설정해야할 조건인 연삭조건, 드레싱 조건, 드레서, 연삭반, 연삭방법, 연삭액, 연삭숫돌 등과 가공해

본시스템에서는 연삭기가 갖고있는 특성치를 최대한으로 활용하기 위하여 후레임을 각각의 모듈로 분류하여 각각의 데이터 베이스가 유기적으로 작용할 수 있도록 구성하였다. 또한 이와같은 모듈을 기본으로한 후레임은 연삭 가공조건에 필요한 후레임, 드레싱 조건에 필요한 후레임, 연삭액 후레임, 트러블의 검지·제어를 위한 후레임, 그리고 가공 데이터를 재활용하기 위한 연삭결과 후레임으로 분류하였다. 예로 Fig.4의 연삭반 후레임에서, 이러한 각각의 후레임은 연삭반이 갖고 있는 각모터의 고유회전수, 연삭반의 최대용량, 스윙거리, 연삭숫돌의 사용 최대·최소직경, Center 길이, 주축의 최대회전수, 공작물의 최대·최소회전수, 최대절입깊이 한계량, 연삭숫돌의 최대사용 직경 등의 공작기계가 갖고있는 특성에 관한 정보·지식들이 收納되어 있다.

3. 目的指向型 시스템

후레임 모델은 지식을 階層的으로 표현할수 있으므로 시스템의 推論을 용이하게 하며 宣言的 知識의 표현에 적합하다. Fig.3은 節次形知識에 Method을 두어 각 Module에 따라 데이터 베이스를 설계하여, 메시지가 주어졌을 때 Method의 기동에 의해 推論하는 Object-Oriented Paradigm System⁽⁶⁾을 나타낸다. Fig.3과 같이 후레임은 서로 메시지를 通信하면서 目標을 실행하므로 복잡한 추론도 쉽게할수 있는 장점이 있다. 즉, Fig.3에서 Procedural Number 3, 4, 5, 6이 이에 해당되며, Procedural Number 1과 2는 구체적인 조건설정에 있어서

는 Fuzzy Function을, 시스템 제어에는 Neural Network을 적용할수 있도록 설계하기 위한 연산 및 制御部分이다. 그리고 Procedural Number 7에서 11까지는 입력 메시지에 의한 推論過程이며, Procedural Number 12는 實行結果를 수납하는 절차이다. 또한 重要知識의 参照作業은 遺傳(Inheritance Role)과 같은 該當 후레임간의 관련된 그밖의 후레임 지식을 参照할수 있으므로 Default이론⁽⁷⁾을 도입하므로써 Production system에서 缺落되는 조건설정을 보충하는 지식처리가 가능해진다.

이와같은 후레임 모델을 이용한 지식은 일반적인 연삭 가공에 관한 지식으로서 가공조건의 設定變數, 實驗式(條件設定, 研削動力과 표면조도의 예측), 연삭가공에 관한 파라메터의 규격, 절차형 지식(연삭조건 설정 및 시스템 제어에 관한 함수) 등의 지식을 축적한다. 이들의 지식은 연삭가공의 특징을 고려하여 연삭방식, 기계, 공작물 종류, 공작물 형상, 연삭숫돌, 연삭숫돌의 형상, 연삭액, 드레싱 종류, 드레싱 조건, 연삭조건, 연삭결과 등의 후레임으로 구성하고 있다.

Fig.1과 같이 본 데이터 베이스에 收納되어 있는 연삭숫돌의 構成要素에 관한 知識型을 나타낸다. 연삭숫돌에 관한 지식은 모두 연삭숫돌 구성요소별로 각각의 후레임에 저장되고, 후레임 同士가 抽象-具體라는 계층구조로 설계되어 연삭숫돌의 선택시에는 숙련자의 경험적 지식까지도 포함할수 있도록 LISP함수를 이용하여 節次型 知識과 宣言的 知識을 이용하여 추론하도록 하였다. 또한 후레임 지식에는 연삭숫돌에 관계하는 규격이나 Control용의 절차형 함수가 Element class에 수납되어 각 후레임 간에 通信될수 있는 구조로 설계하였다.

Fig.4~7은 Grinding Type, Grinding Machine, Grinding Conditions, Grinding Results에 관한 후레임형 지식모델이다. Fig.4~7중에서 M, IM은 절차형 지식을 기동하기 위한 메시지를, V, IV는 該當 파라메터에 대한 특정값을, DBAO, KBG는 후레임 모델에 의한 데이터 베이스를 의미한다. 그리고 연삭작업을 위한 가공데이터의 정리에 관한 절차형 함수는 모두 Fig.7의 Grinding Result-REF에 메시지의 형태로 수납되어 "send-function"에 의해 메시지를 해당 후레임에 송신하므로써 절차형 함수가 기동되어 처리를 한다. 한예로, Fig.4에서 연삭방식에는 원통연삭, 내면연삭, 평면연삭등으로 분류할수 있으며, 원통연삭은 또한 구체적으로 Plunge Type과 Traverse Type으로 분류할수 있다. 따라서 이러한 지식을 體系的으로 수납하는데 있어 후레임 모델을 적용

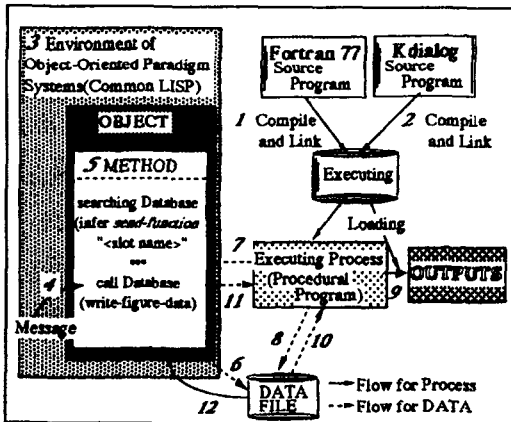
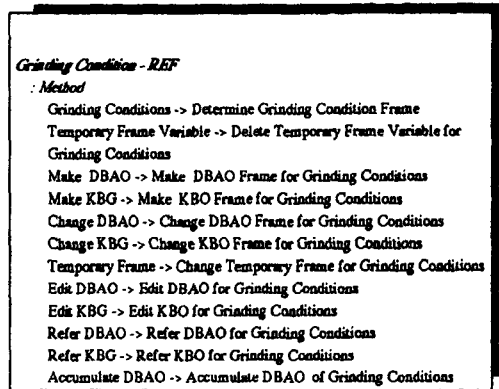
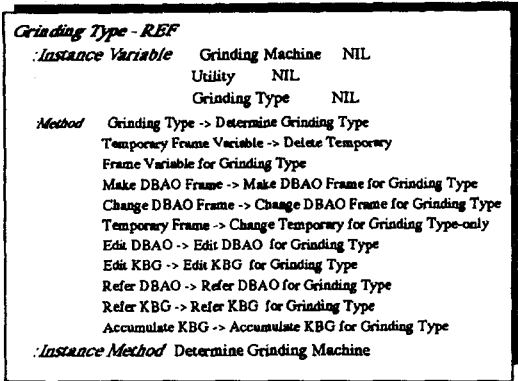


Fig. 3 Object-Oriented Paradigm System



Super-Sub Relationship

Super-Sub Relationship

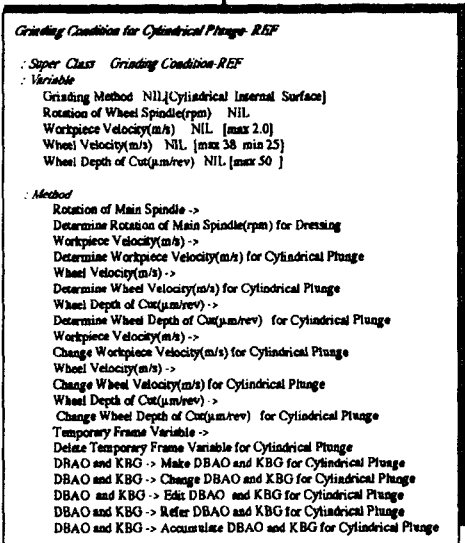
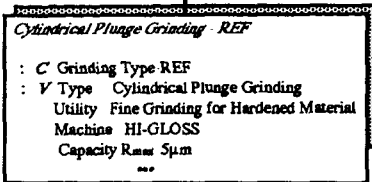
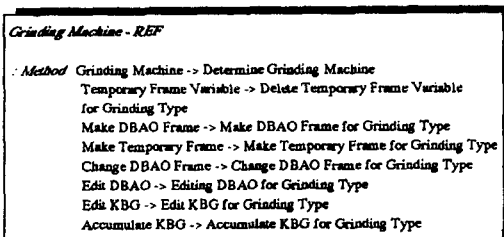


Fig. 4 Knowledge Representation of Grinding Type by Taking Frame-based Model

Fig. 6 Knowledge Representation of Grinding Conditions by Taking Frame-based Model



Super-Sub Relationship

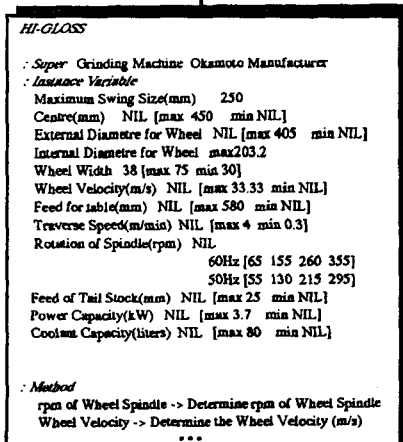


Fig. 5 Knowledge Representation of Grinding Machine by Taking Frame-based Model

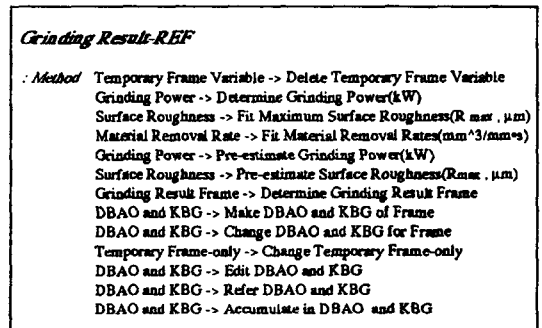


Fig. 7 Knowledge Representation of Grinding Results by Taking Frame-based Model

하여 上位-下位 개념인 "Super-Sub Relationship"을 이용하여 機能性을 주었다.

Fig.8는 절차형 지식의 처리를 위한 Procedural function에 의한 후레임 지식의 LISP의 한예를 나타내고 있다. Fig.8에서 입자(Grain Size)를 설정하는데 있어서 目的指向型 시스템은 "send-function"이 작용하여 주어진 情報에 따른 추론이 이루어 진다. 즉, 먼저 후레임 지식에 격납되어 있는 지식은 照會하여 적합한 該當 후레임이 있으면 실행하여 결과를 출력하고, 만일 해당 후레임이 존재하지 않거나 있다하여도 충족할 만한 지식이 缺落된 경우에는 Rule-base를 기동하여 출력하게 한다. 만일 Rule-base에서도 충족할만한 정보가 없는 경우에는 Default Value를 출력하게 된다. 본시스템에서 사용한 "send-function"의 기본형은 다음과 같다.

- <If-part> → <Action> (1)
- <Goal-part> ← <Constraints-part> (→<Action>) (2)

```
(defun determine_the_grinding_wheel ()
  (erase_function)
  (setq wheel (system:string-append grain (format nil
    "2 a" grain_size) grade structure bond))
  (defun determine_the_grain_size (g-method mat heat)
    (let ()
      (kdialog_message "determine the grain size")
      (cond ((get-instance 'wheel-dat)
        (kdialog_message3 "indicate the grinding
          wheel in database"
            "select the number(or NIL) ")
          (setq grain_size (input_ans)
            (list-menu-and-select
              (get-all-instance-database-variable
                'wheel-dat 'grain-size
                (list (list 'grindig type-data
                  (list 'grinding type g-method ))
                  (list 'workpiece-dat
                    (list 'workpiece mat)
                    (list 'heat-treatment heat))
                  )) ))
          (cond ((not (equal grain_size 'nil))
            (return grain_size)))
          (kdialog_message "determine the rule-base")
          (run-ruleset 'grain_size rule)
          (setq grain_size (input_ans grain_size))
          (return grain_size)
          ))
    ))
  )
```

Fig. 8 LISP Program for Selecting the Grain Size

여기서, 식(1)은 Forward Chaining⁽⁹⁾인 경우이고, 식(2)는 Backward Chaining⁽⁹⁾에 사용된다.

한편, Fig.9는 후레임 모델을 이용한 절차형 지식의 有機的 이용관계를 나타내고 있다. 즉 User로 부터 요구조건이 입력되면 그 Message에 따라 공작물 에 관련된 해당 Slot인 공작물의 분류 Slot 1-1, 공작물의 종류 Slot 1-2, 열처리 Slot 1-3 등이 照合되고, 연삭반의 성능 및 사양에 대한 지식인 Slot 2-2, 2-3, 그리고 User로 부터 요구되는 表面粗度에 관한 정보인 Slot 2-1이 照合된다. 또한 Slot 1-1, 1-2, 1-3 및 Slot 2-1, 2-2, 2-3에 調合에 의해 충족되는 연삭가공 조건인 절입깊이, 공작물 주속도, 슷돌 주속도 등이 Slot Number 3-1, 3-2, 3-3에 의해서 決定·提示된다. 또한 Fig.10은 그때의 시스템의 흐름을 나타낸다.

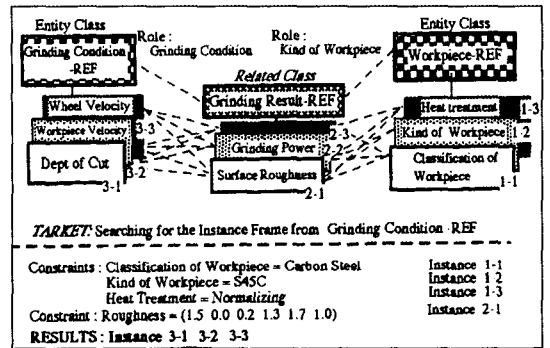


Fig. 9 Procedural Diagram for the Grinding Condition by Frame-based Knowledge

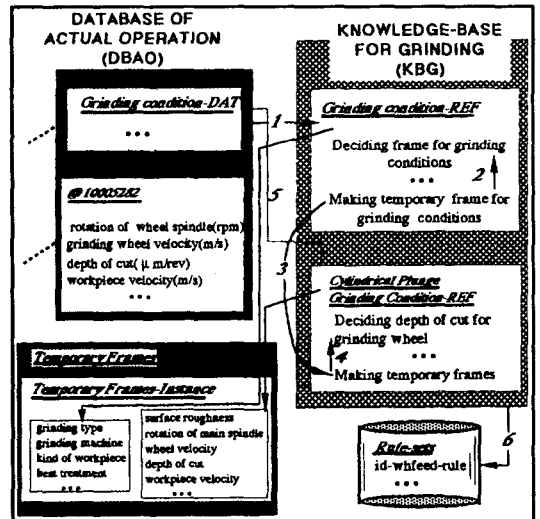


Fig. 10 Flow Diagram for a Reasoning Process

참고 문헌

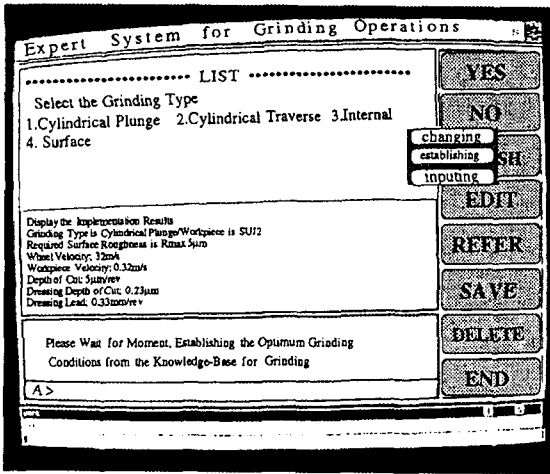


Fig. 11 Photograph of CRT User Interface

그리고, Fig.11은 본시스템에서 후레임을 기본으로 구축한 데이터 베이스 실행의 한부분을 나타내고 있다.

4. 결 론

본연구는 연삭가공 자동화 생산 시스템의 구현을 위한 데이터 베이스를 후레임 모델을 이용하여 設計·構築하였다. 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 후레임 모델에 의한 연삭가공용 데이터 베이스는 다양한 숙련 경험자의 정성적 지식과 정량적 지식 등을 유기적으로 축적·이용할수 있도록 하였다.
- (2) 본 시스템에서 정의한 大役函數는 시스템의 管理 및 運用을 有機的으로 제어할수 있어, 후레임 모델에 의한 지식표현의 효율성을 주었다.
- (3) 目的指向型 推論方式을 도입함으로써 다양한 입력조건에 대해, 본 시스템에서 정의한 大役函數의 활용에 의해 효과적인 추론이 가능하게 되었다.

1. Otto Decker and Wilbur Shapiro: "Computer-aided Design of Hydrostatic Bearings for Machine Tool Application," International Journal of Machine Tools Manufacturing, Vol.33, No.8, p.797, 1994.
2. T. Matumura, et al: "On the Development of Expert System for Selecting the Optimum Cutting Conditions," Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol.56, No.7, p.1274, 1990.
3. K. Iwata, et al: "A Probabilistic Approach to the Determination of the Optimum Cutting Conditions," Transactions of the ASME, Journal of the Engineering for Industry, Vol.56, No.7, p.1274, 1990.
4. M. Higuchi, A. Yano and K. Sugimoto: "Expression of Machinability by Discriminant Function -Construction of Machinability Data Base Employing Trainable Pattern-classifying Technique(2nd Report)-," JSPE, Vol.53, No.5, p.770, 1987.
5. K. Nakasaka, et al: "The Construction of Expert System for Grinding Process," JSPE, Vol.57, No.9, p.1661, 1991.
6. D.Didier and P.Henri: "Processing Fuzzy Temporal Knowledge," IEEE, Trans. Sys., Man, and Cyb., Vol.19, p.729, 1989.
7. R.Reiter: "A Logic for Default Reasoning," Artificial Intelligence, Vol.13, p.81, 1980.
8. M.Birch and K.Whiteley: "An Object-Oriented Expert System Based on Pattern Recognition," IEEE, Trans. Sys., Man, and Cyb., Japan, p.33, 1990.
9. A. Ray and S. Phoha: "Research Direction in Computer Networking for Manufacturing Systems," Transactions on the ASME, Trans. Sys., Man, and Cyb., Vol.111, No.7, p.109, 1989.