

형상 가공 정보의 지식 베이스 처리에 관한 연구

A study on knowledge based-processing of information to shape cutting

김 희 중 (한국해양대학교 대학원), 조 우 승 (LG-EDS CALS & CIM 사업부), 정 재 현 (한국해양대학교)
H. J. Kim (Graduate School., Korea Maritime Univ.), W. S. Cho (LG-EDS CALS & CIM Division),
J. H. Jeong (Korea Maritime Univ.)

ABSTRACT

The proposal of this paper is the constructing of knowledge database with manufacturing information. This database contains characteristics of workpiece materials, cutting tools, NC machines, manufacturing processes, and work conditions. And all shape in the system are feature models such base plate, step, hole, pocket, boss, and slot. These information generate a final decision for machining process by the expert system.

Key Words : knowledge-based (지식기반), feature models (특징형상), expert system(전문가 시스템), inference engine(추론 엔진)

1. 서론

현재 국내 중소 금형 생산업체의 경우 인력에 의한 가공에 크게 의존하고 있으며, 또한 필요한 숙련공이 매우 부족한 실정이다. 때문에 이를 해결하기 위해 CAD/CAM 시스템을 도입하는 업체가 늘고 있다. 그러나 도입한 CAD/CAM 시스템의 활용도에서는 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있다.¹ 이러한 시스템의 낭비는 설계와 가공이 분리된 상황에 기인한다. 즉, 설계자의 경우는 금형 형상의 홀(hole)을 단순한 구멍 뚫린 기하 형상으로 구성한다. 이 정보를 다시 가공 담당자는 금형 형상의 홀로 인식하여 작업 내용과 공구를 선정하므로써 CAM을 운용하게 된다. 그러므로 이러한 일을 해결할 수 있는 적절한 중간 단계의 작업이 요구된다.

이러한 사항을 해결하기 위해 본 연구에서는 형상 가공 정보의 지식 베이스에 기반을 둔 전문가 시스템을 구축하였다. 즉, 숙련공의 가공 지식, 가공 기기의 기계적 기능 그리고 가공 작업에 대한 이론을 데이터 베이스화하여 해당 작업에 대한 최선의 가공 방안을 이끌어 내는 것이다. 특히 설계 단계의 형상을 가공하기 위한 밀링 가공에서의 난삭 재료, 공구 및 가공 조건에 대한 지식 베이스의 구축에 중점을 두었다.

2. 특징 형상 인식 모델링

전문가 시스템에 가장 중요한 것은 전문적 판단을 위한 지식의 내용과 그 양이다. 이것은 가능한 일반적이면서 세분화되어야하고 종류별로 다양하게 구성되어야 한다. 그리고 이미 저장된 지식의 응용에 대한 결과도 새로운 지식으로 저장된다.

본 연구의 지식은 금형의 형상 가공 정보이다. 이것의 지식 베이스 구축을 위해 금형 형상의 설계에서 가공에 이르는 단계를 구분한다. CAD 시스템에서 구현되는 설계 부분, CAM 시스템에서 수행되는 가공 부분, 그리고 숙련공에 의해 처리되는 작업 부분으로 구분한다.

형상 설계의 최종 목적의 중 하나는 형상의 가공이다. 그러므로 형상의 설계 단계에서 가공 작업에서 이루어지는 공정을 고려하여, 설계 단계에서 생성되는 기하 형상이 가공 대상 및 가공 조건을 내포하게 된다면 형상 설계와 가공간의 연결을 매우 효율적일 수 있다. 본 연구에서는 이러한 과정을 위해 설계 단계에서 특징 형상 인식 기법을 이용하였다.² 금형 형상을 위한 모델러에서 설계자가 생성한 각종 기하학 도형에 대하여 일반적인 기하학적 의미는 물론 가공을 위한 대상으로도 인식하게 된다. 즉, 화면상에 나타난 금형 형상의 구멍은 기하학적인 실린더 형상의 의미와 함께 드릴 작업에 의한 가공이라는 정보를 함께 가지게 된다. 그리고 그 형상이 외부 혹은 내부적으로 구성됨에 따라 가공 방법이 달라지

면 가공되는 공구도 변화시킬 수 있게 된다. 이러한 과정은 설계된 기하 형상의 가공을 위한 시스템 내부의 추론과정을 거쳐 이루어진다. Fig. 1은 본 논문에서 사용한 금형 형상의 특징 형상 모델의 계층도이다.

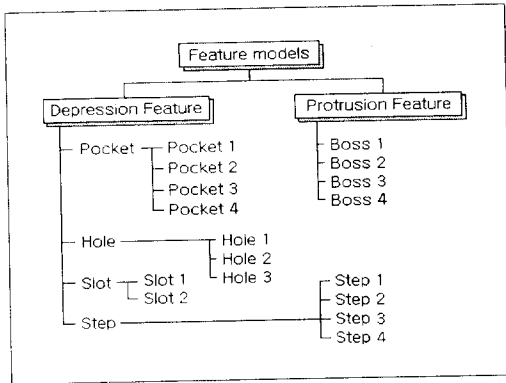


Fig. 1 The hierarchy of feature models

전문가 시스템은 이상과 같은 지식베이스와 추론 엔진으로 구성된다. 지식베이스와 추론 엔진은 분리되어 마치 전문가가 작업을 행함에 따라 점차 지식을 늘려 가는 것처럼 추론 대상을 축적하게 된다.

3. 지식 베이스 구성

가공을 위한 정보(지식)는 사용되는 공구 및 기기 그리고 가공 방법 및 조건 등으로 구분한다. 가공 공구 및 기기에 대한 자료 등은 일반적으로 생산 업체에서 제공되는 자료를 기반으로 지식 베이스를 구축한다.³ 그러나, 실제 생산 현장에서의 공구 마모 정도나 동작기계의 운용 능력 등은 일률적으로 자료화 할 수 없으므로, 기준 값을 정한 후 상대적인 가감으로 처리한다.

지식베이스는 자료 값인 사실(fact)과 그 값의 연산을 행하는 규칙(rule)으로 구성된다. 본 연구에서는 사실의 추론 과정에 추가 및 수정이 가능한 정보로서 형상 및 재료를 나타낸다. 그리고 규칙은 사실을 결정하기 위한 판단 조건을 나타낸다. 이러한 사실과 규칙간의 관계를 나타내는 위해 생성 규칙(production rule)을 이용하였다.

지식베이스가 구성되면 전문가 시스템의 핵심인 추론과 제어가 가능하다. 일반적으로 지식의 추가를 위한 규칙의 관리는 연역 추론(deductive inference)을 사용하고, 전향 추론으로 제어하게 된다. 이외에 시스템의 구성에서 지식의 획득, 과정의 설명 그리고 사용자의 인터페이스가 추가되어 진다.

공학적인 이론이 중심인 지식은 해당 분야의 기본적인 법칙과 이론에 의한 공학적 현상과 가정 그리고 실험에 의한 경험으로 구성된다. 그리고 이 지식은 정적 혹은 동적인 것으로 구분된다. 정적인 지식은 주로 물체의 물리적 특성 등과 같은 사실을 표현하는 것이며 동적인 지식은 공학적 체계와 문제 해석 방법에 대한 것이다. 확실히 정의된 문제의 경우 동적인 지식은 공학적 이론을 바탕으로 문제를 해결할 수 있으나, 복잡하거나 불확실한 사실에 대한 문제는 경험적 지식이 주가 된다. 하지만, 아직도 동적인 지식의 정확하게 표현하기 위한 기법이 없으며, 주로 공학적이며 체계적인 지식의 표현에는 알고리즘에 의한 순차적 표현의 이중 구조가 사용되고 경험적 지식은 규칙의 형태로 나타내어진다.

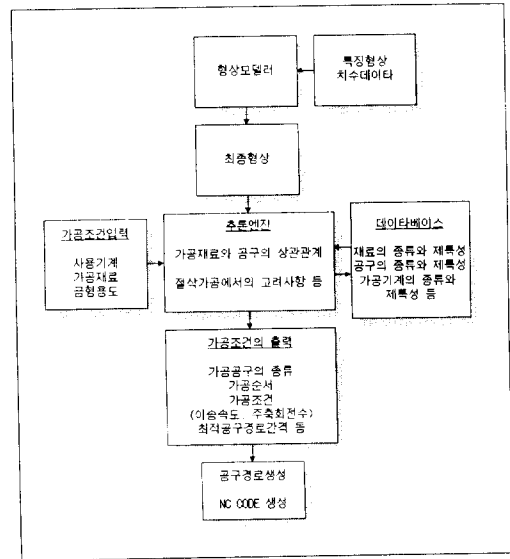


Fig. 2 Structure of knowledge system

규칙은 조건과 그에 대한 수행으로 구성된다. 조건은 지식 베이스의 각 사실에 대한 비교로서 이루어지며, 그 판단에 따라 행위가 수행되어 사실이 추가되거나 삭제된다. 즉, 추론기관은 정적 지식 베이스와 규칙을 검토, 수행하는 부분으로 이루어진다.

본 연구에서는 전향 추론(forward chaining inference)을 이용하여 지식 베이스와 동적 지식으로부터 현재 사실에 적용 가능한 규칙을 순차적으로 검토한다. 그리고 이 중에서 적용시킬 규칙을 선택하고 정적 지식 베이스의 사실을 변화시켜 나가는 과정을 사용자가 제시한 목표가 만족될 때까지 반복한다. Fig. 2는 본 연구에서 구성한 지식 베이스 시스템의 전체적 구조이다.

4. 가공 지식의 획득

4.1 금형 재료에 대한 지식 획득

금형 재료는 용도에 따라 냉간용, 열간용 그리고 플라스틱용으로 나뉘어 지며, 정밀도 향상과 수명 연장을 위해 고경도 재료를 사용하거나 내마모성, 내열성을 향상시키기 위해 합금 함유량을 높인 것이 사용된다. 그러나 고경도, 고합금 함유량은 난삭화를 촉진하므로 최적 절삭조건과 공구 선정이 중요하다.

1) 탄소강: 구입이 용이하고, 일반 부품이나 내마모성이 요구되지 않는 소량 생산용 금형에 적합하다. S55C, S50C는 피삭성이 뛰어나며, 대부분의 공구 재질로 절삭이 가능하고 절삭 조건의 폭도 넓다.

2) 냉간 금형용강: 저속 절삭이 권장되는 것으로 주로 냉간 프레스 금형용으로 사용된다. 대표적으로 SKD11은 냉간 프레스 금형 재료 중 범용성이 높아 양산형 금형 재료에 이용되며, SKH51은 주로 펀치, 트리밍 다이에 이용되나 SKH11은 내마모성이 높은 초경 엔드 밀로서 가공하는 것이 적합하다.

3) 열간 금형용강: SKT4, SKD61이 주로 사용되는 열간용 금형강은 Cr-Mo-V(-Ni)의 합금 원소를 함유하여 내마모성이 뛰어나며, 고온 경도를 갖추고 있다. 중저속에 의한 절삭이 권장된다.

4) 플라스틱 금형용강: 광범위하게 사용되는 재료로서 SCM계, SNCM계, SUS420계, SKD61, SKD11, SUS630 등이 있다.

4.2 가공 공구에 대한 지식 획득

공구의 선택은 작업 현장의 여건과 작업자의 습관 등을 고려해야 하므로 재료의 경우보다 어려운 문제이다. 국내에서는 대부분 고속도강을 주로 사용하여 저속도에 의한 절삭 가공이 주를 이루고 있다.

1) 재질에 따른 공구 특성 파악

a. 고속도강 공구: 고속도강은 C, Cr, W, Mo, V, Co 등을 포함시킨 합금강으로, 이들 구성비에 의해 기계적 특성이 좌우된다. 일반적으로 상온 경도가 65Rc 정도이고 온도가 높아지면 경도가 감소하며, 절삭속도는 50m/min이 적합하다.

b. 초경 공구: W과 C 분말을 Co 바인더로 균한 소재로서, 경도가 90Rc 이상이고 고온경도가 고속도강보다 우수하므로 2~3배의 절삭 속도 증가가 가능하다. 최근에는 코팅된 초경 공구의 사용이 늘고 있는데, 코팅 재료와 피삭재의 적합성을 고려해야 한다.

c. 세라믹스 공구: 세라믹계 공구는 인성이 낮은 결점이 있기는 하나 금속 바인더를 사용하지 않으므로

내열성이 높고 고경도이므로 피삭재와의 응착이나 화학반응이 적은 장점으로 고속 절삭에 이용하여, 난삭재 가공 공구에 주로 이용된다.

d. CBN 공구: 다이아몬드 정도의 경도를 유지하면서 철과의 반응이 없어 내열성과 열전도성이 높은 우수한 난삭재 가공 공구이다. 주로 고경도의 철 재료의 가공에 사용되며 칠드 주철, 담금질 강재, 다이스 강, 하이스 등의 가공 능력을 향상시킨다.

e. 다이아몬드 공구: 고 경도의 물질로서 높은 열전도율과 기타 물질과의 친화성이 낮은 특징으로 피삭재가 공구에 쉽게 응착되지 않는다. 그러나 대기 중에서 약 600° C 이상이 되면 탄화하여 내마모성이 저하되는 단점과 철계 금속의 고속 절삭시 공구 마모가 극단적으로 저하되는 문제가 있어 주로 비철금속 등의 가공에서 적합하다.

2) 밀링 가공의 공구 특성 파악

a. 재질: 일반 구조용 강, 비철금속, 주철 절삭의 경우 Co 8% HSS가 유리하며, 코팅 엔드밀, 분말 HSS, 초경 엔드 밀의 경우는 고능률 가공과 긴 가공시간에 사용한다.

b. 비틀림 각: 저비틀림 각(15°), 표준 비틀림 각(30°), 고비틀림 각(50°)으로 분류한다. 일반적으로 표준 비틀림 각이 사용되며, 저비틀림 각은 키-홈용 엔드 밀 그리고 고비틀림 각은 하이에릭스 엔드 밀에 사용된다.

c. 날 길이: 엔드 밀의 돌출길이는 공구의 강성에 직접 영향을 미치므로 필요 이상으로 길게 작업하는 것은 수명을 단축시킨다.

d. 날 수: 엔드 밀의 성능을 좌우하는 주요한 요인으로 2 날의 경우는 칩 포켓이 크므로 칩 배출이 양호하나 좁은 단면적으로 인하여 강성이 저하된다. 4 날의 경우는 칩 배출 능력은 저하되나 단면적이 넓어 큰 강성을 가지므로 측면 절삭 등에 사용된다.

4.3 절삭 가공에 대한 지식 획득

절삭 가공은 소재를 깎아 내어 형상을 만들므로 가공 형상에 따라 여러 작업으로 구분되는 데, 본 연구에서는 정의된 특징 형상의 가공에 적합한 엔드 밀을 중심으로 한 지식베이스를 구축한다.

1) 밀링 가공 절삭 조건

a. 절삭 속도: 작업에 따라 표준화가 우선 이루어져야 하며, 개개의 절삭 날이 소재의 표면을 얇게 깎아 내는 과정에서 두께를 절삭 깊이, 폭을 절삭 폭이라 한다. 그러므로 일반적인 밀링 가공에서 가장 큰 영향을 미친다.

b. 이송 속도: 이송 속도의 증가는 절삭 저항을 증가시켜 공구 수명에 큰 영향을 미친다. 무리한 이송에 의한 과부하는 공구의 파손 및 소재 표면 조도를 불량하게 한다.

c. 절삭 깊이: 깊이가 깊을 수록 절삭면적이 커지므로 절삭 저항이 증가되어 공구 수명에 영향을 미친다. 일반적인 가공에서의 절삭 깊이는 1~8mm이다.

e. 커터의 회전 방향: 하향절삭은 절삭력의 하향성분이 공작물을 고정하는 방향으로 작용하므로 공작물의 이탈을 방지하는 효과가 있으나, 강성이 큰 공작 기계에서 사용되어야 하며 회전 진동장치의 백래쉬가 제거되어야 한다. 또한 하향절삭은 열간 가공 금속이나 주물과 같이 산화물 층의 가공에는 부적합하다. 상향절삭은 공작물의 표면 특성에 영향을 주지 않으며 예리한 날을 사용하여 원활한 절삭을 수행할 수 있으나, 하향 절삭에 비하여 공구의 진동 가능성이 크다. 더불어 공작물을 고정하기 위한 조치도 필요하다.

f. 절삭유: 윤활성, 냉각성, 반응착성을 향상시켜 공구 수명의 연장, 가공면 조도 향상 그리고 소요 동력 감소 및 미세 칩의 세정 효과를 위해 사용된다.

2) 난삭재의 밀링 가공 조건

a. 스테인레스 강: 대표적인 난삭재이나, 뛰어난 특성으로 인하여 금형 등에 많이 사용된다. 엔드 밀에 의한 가공에는 친화성이 낮은 TiN 코팅의 경사각이 크고 날 수가 많은 공구를 선택해야 한다. 칩핑이 발생하지 않는 범위 내에서 이송속도를 크게 잡아야 하며 불수용성의 절삭유를 사용한다.

b. 합금 공구강: 특수공구강, 다이강, 단조용 형상 등을 통일한 규격으로 가공시에는 초경 공구, 세라믹스 또는 CBN 소결체 공구를 사용한다.

c. 프리하든강: 사전에 열처리를 한 것으로 주로 플라스틱 금형에 사용되어 지고 다이캐스트 금형, 유리 성형 금형 및 다이 플레이트에도 적용된다. 정면 밀링 가공시 강성이 높고 큰 경사각을 작은 공구를 선택하는 것이 좋으며, 주로 슈퍼 다이아몬드 밀 SE445형이나 초경합금 공구를 사용한다.

d. 내열합금: 내열 합금 비절삭성이 크므로 절삭 속도를 가능한 낮게 설정하고 내열성, 내마모성, 내절삭성이 큰 공구를 사용한다.

Fig. 3은 지식 베이스 구축에 이용된 가공 지식들을 나타낸다. Fig. 4는 본 연구에서 구축된 시스템에서 출력되는 결과의 예이다.

5. 결론

특징형상	Boss	Pocket	Blind Hole	Thru Hole	Blind Slot	Thru Slot	Blind Step	Thru Step	Base Plate
공정	Milling	Milling Drilling	Drilling Boring Reaming EDM	Drilling Boring Reaming	Milling EDM	Milling	Milling EDM	Milling	Milling Grinding
사용기계	Milling Shaper Planer	Drilling Milling	Drilling	Drilling	Milling Shaper Planer	Milling Shaper Planer	Milling Shaper Planer	Milling Shaper Planer	Milling Grinder
공구	Milling Cutter	Drill Milling Cutter	Drill Bore Reamer End Mill EDM Tool	Drill Bore Reamer End Mill EDM Tool	Milling Cutter	Milling Cutter	Milling Cutter EDM Tool	Milling Cutter	Milling Cutter Grinding Wheel

Fig. 3 Knowledge for manufacturing

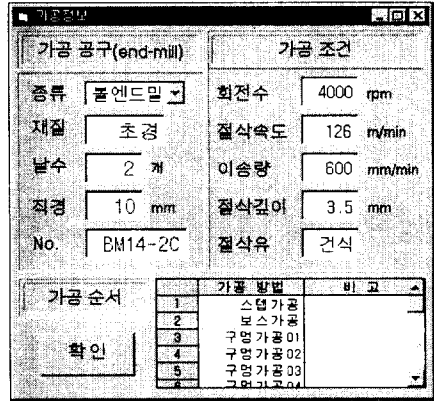


Fig. 4 A result for manufacturing mold

이상과 같은 금형 형상 가공을 위한 재료 및 공구에 대한 사실과 각 가공 작업에 대한 규칙을 바탕으로 지식 베이스를 구축하였다. 지식 베이스의 사실과 규칙들은 추론 엔진에서 설계 형상에 포함된 가공 입력 조건에 의해 최적 가공 조건을 출력하도록 구성되었다.

참고 문헌

- 정재현, "부산·경남지역 금형 가공 업체 현황조사", 정밀 정형 및 금형 가공 연구센터 한-일 워크샵, 1994
- 프레스 기술, "가공 자동화를 위한 특징형상 인식", p. 35~55, Feb., 1995
- 정재현, "금형의 절삭 가공", 정밀 정형 및 금형 가공 연구센터, 1996