

진공형광소자 전극의 극박판 프레스 금형 자동설계 전문가 시스템

박 상 봉*

An Expert System of the Very Thin Sheet Metal Press Die Automated Design for VFD Grid

Sang Bong Park*

ABSTRACT

A proper model of expert system for the very thin sheet metal press die design has been suggested. Using the suggested model, an expert system of the very thin sheet metal press die has been developed. This study contains that the results from the developed system for three kinds of specimens have the adaptability in the actual site. In addition, the possibility for expansion of this system has been discussed. The developed system, which is based on the knowledge base, has been included in a lot of expert's technology in the practice field. C-language under the HP-UNIX system and CIS customer language of the EXCESS CAD/CAM system have been used as the overall CAD environment. Results from this system will provide effective aids to the designer in this field.

Key Words : Expert system(전문가 시스템), Very thin sheet metal(극박판), Rule base(규칙 베이스), Design rule(설계 규칙), Knowledge base system(지식 베이스 시스템)

1. 서 론

원가 절감은 물론 설계 및 생산 자동화의 필요에 따라 극박판 프레스 금형 설계의 경우 유사한 형상을 지닌 극박판 프레스 제품에 있어 금형 설계 및 자동화 시스템 개발에 관심이 높아지고 있다. 극박판 프레스 금형은 두께 0.05mm 내외의 극박판 판재금속을 가공하므로 스트립 프로세스(strip process)와 에어 블로우(air blow)에 의한

이송기구는 제품의 품질과 성능 등 금형과 프레스 기계의 복합적인 설계 변수로 설계에 있어 고도의 전문화된 기술을 요구하고 있다. 이와 같이 극박판 프레스 금형은 구조의 복잡성과 전극 부품의 높은 정밀도 (편치와 다이 부품의 조립정밀도 : $\pm 0.0005\text{mm}$)가 특징이며, 전극의 주요 형상부 치수 정밀도는 $\pm 0.001\text{mm}$ 정도이다. 그리고, 전극 부위의 평탄도를 고려할 때, 절차화된 설계 과정을 프로그래밍하는 일반적 접근보다 현장의 경험과 극박판 프

* 동의공업대학 금형설계과

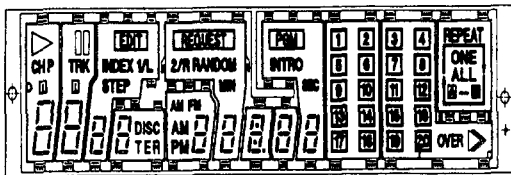
레스 금형 데이터를 사용하여 구축된 지식 베이스(knowledge base), 그리고 전문가의 지식을 논리에 모순이 없도록 체계화하여 if~then 논리로 구성한 추론기관(inference organization)을 적용하여 전문가 수준에 가까운 금형 설계 결과를 얻을 수 있는 전문가 시스템으로의 접근이 바람직하다고 본다.

본 연구에서는 극박판 프레스 금형 설계에 있어서 전문가 시스템의 모형을 제시하고 시스템 개발을 통한 현업 적용에 있어서의 그 확장 가능성을 검토하고자 한다.

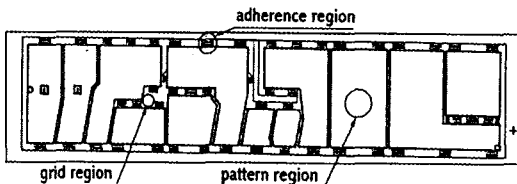
본 연구에서는 극박판 전극 부품의 짧은 라이프 사이클(life cycle)과 다양한 제품 형상에 대한 설계에 요구되는 설계 인력, 소요 설계 기간을 효과적으로 줄이고 전문가 수준의 설계 결과를 얻을 수 있는 전문가 시스템(expert system) 개발을 연구 범위로 하였다.

2. 전문가 시스템을 응용한 금형 설계 기술

전문가 시스템은 1950, 60년대 개발되기 시작한 인공지능(artificial intelligence)의 한 분야로 포괄적 지능 처리 기법이며, 특수한 주제 영역으로 세분화 및 분리된 인공지능 응용의 한 갈래이다.⁽¹⁾ 본 연구에서는 Fig. 1에 보이는 극박판 전극 부품과 같이 형상부(pattern region), 전극부(grid region), 전극 고착부(grid adherence region)로 분류된 극박판 제품의 금형 설계 전문가 시스템 개발을 연구 대상으로 하였다.



(a) Funnel layout



(b) Grid

Fig. 1 Funnel layout and grid of VFD

Fig. 1(a)에 나타난 진공형광소자(VFD: Vacuum Fluorescent Display)는 오디오, 전자렌지, 자동차 계기판 등에 사용되며 캐소드(cathode)인 필라멘트(filament)에서 발생하는 열전자가 애노드(anode)인 형광체(phosphor)에 부딪혀 발광을 하는 원리를 이용한다. 이때 전극(grid)은 형광체에 충돌하는 열전자를 가속 또는 확산시키는 역할을 한다. Fig. 1(b)에 보이는 것처럼 전극은 유사 형상을 지니면서 내부의 전극 고착부(adherence region)의 위치, 방향 및 형상부(pattern region)의 크기, 모양의 변화가 빈번하고, 또한 전극부(grid region)의 간격이 다양하게 변화하므로 절차화된 프로그램기법보다는 주어진 제품 형상을 지식 베이스와 추론기관을 이용하여 전문가 수준의 금형 설계 규칙을 얻을 수 있는 극박판 프레스 금형 설계 전문가 시스템으로의 접근을 모색하였다.

극박판 전극 부품의 재질은 전자의 흐름을 가속시키거나 확산시키고, 차단이 용이하도록 STS 또는 426 ALLOY 등이 사용되고 있으며, 금형은 박판 전극의 형상을 결정짓는 펀치와 다이, 그리고 다이셋(die set) 및 부속기구 등으로 이루어진다. 특히 두께 0.05mm 내외의 박판 금속의 스트립 프로세스와 에어 블로우에 의한 재료 이송기구를 고려해야 하고, 전극 부품의 특성상 요구되는 초정밀도를 유지하기 위해 금형 형상과 치수 결정이 중요한 설계 요소이다.

프레스 금형의 경우, 지식 베이스를 이용한 공정 설계 및 금형 설계 시스템은 1983년 H.Gloeckl⁽²⁾ 등이 불규칙한 디프 드로잉 부품에서의 블랭크의 최적 형상 예측 시스템을 개발한 데 이어, 최근에는 Park⁽³⁾ 등이 축대칭 디프 드로잉 공정의 CAD/CAM 시스템을 발표한 바 있다. 일반적으로 프레스 금형설계의 경우, 그 설계 대상이 2차원 형상이거나 단순한 3차원 형상으로 설계에 있어 용이한 점이 있으나, 극박판 전극과 같이 전극 내부 형상이 다양하게 변화하는 극박판 프레스 금형 설계에 있어서는 극박판의 이송 및 스트립 프로세스의 적용에 있어 많은 어려움이 따르고 있다.

3. 시스템 구성

Fig. 2에 본 연구에서 극박판 프레스 자동 금형 설계에 응용하고자 하는 전문가 시스템의 모형을 제시한다.

상위 구성 블록(main structure block)에서는 극박판 프레스 자동 금형 설계를 위하여 제품의 형상 정보를

분석하고, 분석한 형상 정보를 지식 베이스의 사실과 규칙을 근거하여 추론 기관(inference engine)은 전문가 지식에 가까운 설계 규칙을 얻고, 이를 수치화 및 기호화한다.

하위 구성 블록(sub structure block)에서는 설계에 요구되는 생성부 모듈, 고정부 모듈, 표준 데이터 베이스로 수치 및 기호화된 설계 규칙을 배분하고, 각각의 모듈은 서로 유기적인 관계를 갖는다. 출력 데이터 블록(output data block)에서는 유기적 관계의 생성부 모듈, 고정부 모듈, 표준 데이터 베이스의 자료를 근거로 조립도, 부품도, 상세도, 파트 리스트를 출력하도록 시스템을 구성하였다.

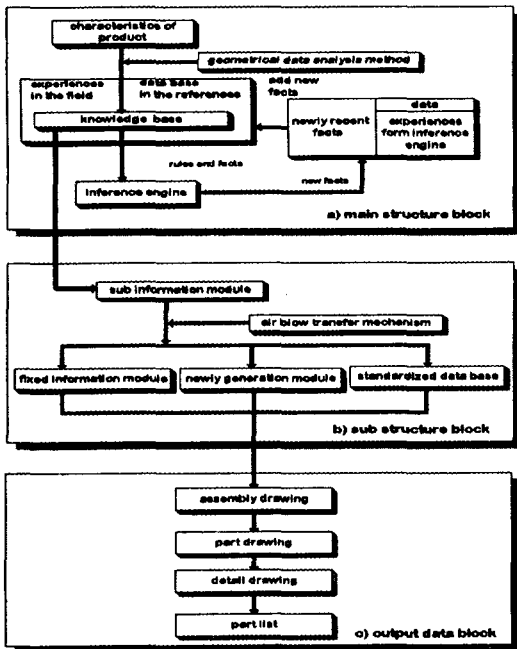


Fig. 2 Suggested schematic structure of expert system for very thin sheet metal press process

지식 베이스는 현장 경험과 금형 데이터 복으로 추론기관이 활용할 수 있도록 사실과 규칙을 기호 및 수치로 표현하였다. 추론기관은 지식 베이스의 사실과 규칙을 if~then 논리에 근거하여 극박판 프레스 금형 설계 규칙을 수치화 및 기호화한다. 하위 정보 모듈(sub information module)은 추론기관에 의해 수치화 및 기호화된 설계 규

칙을 하위 계층의 생성부 모듈, 고정부 모듈, 표준 데이터 베이스에서 활용할 수 있는 데이터로 변환 및 분배한다. 고정부(fixed information) 모듈은 금형 요소 중 변화 요인이 없는 금형 데이터를 관리하고 제어한다. 생성부(newly generation)모듈은 금형 요소의 변화 부분을 관리하고 제어하며, 표준 데이터 베이스(standardized data base)는 금형 요소의 표준 부품을 관리 및 제어한다. 어셈블리 드로잉(assembly drawing) 모듈은 극박판 프레스 금형의 조립도를, 파트 드로잉(part drawing) 모듈은 극박판 프레스 금형의 각 부품도를, 상세도(detail drawing)모듈은 금형 부품의 상세도를, 파트 리스트(part list)모듈은 금형 부품의 관련 데이터를 출력한다. 이상의 제시된 전문가 시스템의 모델을 응용하여 본 연구에서 개발한 시스템의 구성을 Fig. 3에 보인다. CAD상의 형상 데이터를 인식하여 이 데이터를 재정렬하고, 다이 및 펀치 분할 모듈을 거쳐, 설계에서 요구되는 주변수와 부변수를 계산하게 된다. 이 때, 추론기관을 통하여 얻어진 설계규칙에 대한 지식베이스 모듈은 유기적으로 각 모듈을 지원하고, 금형의 형식, 재료, 프레스 기계의 사양, 펀치의 이송 길이, 각 금형 요소간의 조립에

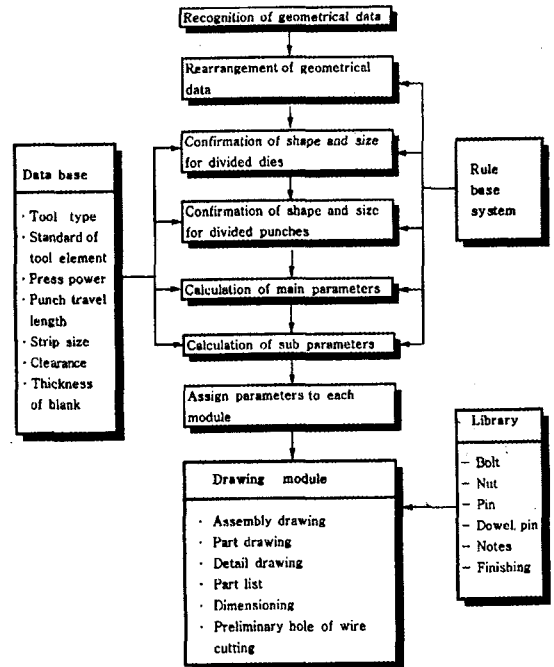


Fig. 3 Structure of automated design system for VFD grid die⁽⁴⁾

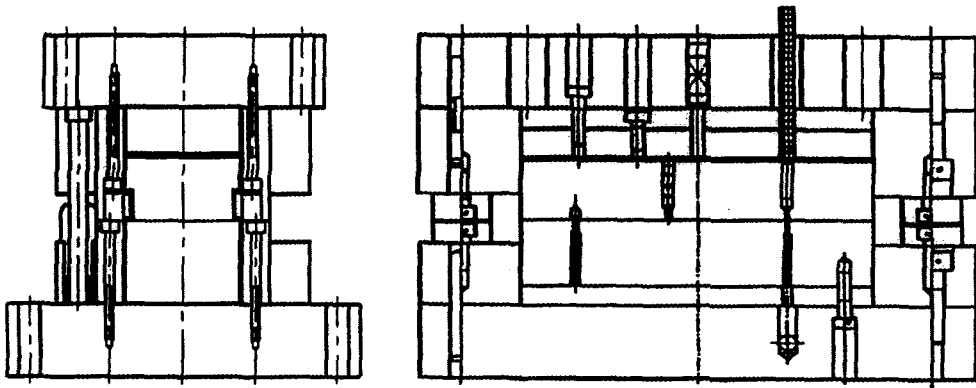


Fig. 8 Generated total assembly drawing

시편 2는 9 개의 사각형의 다이 게이지 어퍼와 9 개의 다이 게이지 로어, 2 개의 게이지 홀 및 8 개의 스트리퍼 핀 홀, 형상이 단순한 한 개의 서브 다이 그루브(sub die groove)와 서브 다이 펀치 그루브(sub die punch groove)로 이루어졌다. 이를 입력 도면으로 사용하였다. 시편 2의 형상 표현은 게이지 홀은 실선, 흰색, 레이어 101 번에, 스트리퍼 핀 홀은 실선, 파란색, 레이어 102 번에, 다이 게이지 어퍼는 실선, 녹색, 레이어 103 번에, 다이 게이지 로어는 실선, 보라색, 레이어 104 번에, 서브 다이 그루브는 실선, 노란색, 레이어 105 번에, 서브 펀치 그루브는 은선, 흰색, 레이어 106 번에 나타내었다.

시편 3은 11 개의 다이 게이지 어퍼와 8 개의 다이 게이지 로어, 2 개의 게이지 홀 및 15 개의 스트리퍼 핀 홀,

형상이 복잡한 23 개의 서브 다이 그루브와 서브 다이 펀치 그루브로 이루어졌다. 이를 입력 도면으로 사용하였다. 시편 3의 형상 표현은 게이지 홀은 실선, 흰색, 레이어 101 번에, 스트리퍼 핀 홀은 실선, 파란색, 레이어 102 번에, 다이 게이지 어퍼는 실선, 녹색, 레이어 103 번에, 다이 게이지 로어는 실선, 보라색, 레이어 104 번에, 서브 다이 그루브는 실선, 노란색, 레이어 105 번에, 서브 펀치 그루브는 은선, 흰색, 레이어 106 번에 나타내었다.

지식 베이스와 추론 기관으로 구성된 상위 구성 블록에서는 입력된 시편의 형상 정보를 분석하여 지식 베이스에 구축된 사실과 규칙을 이용하여 if~then 논리로 구성된 추론 기관에 의해 금형 설계에 필요한 설계 규칙을 수치

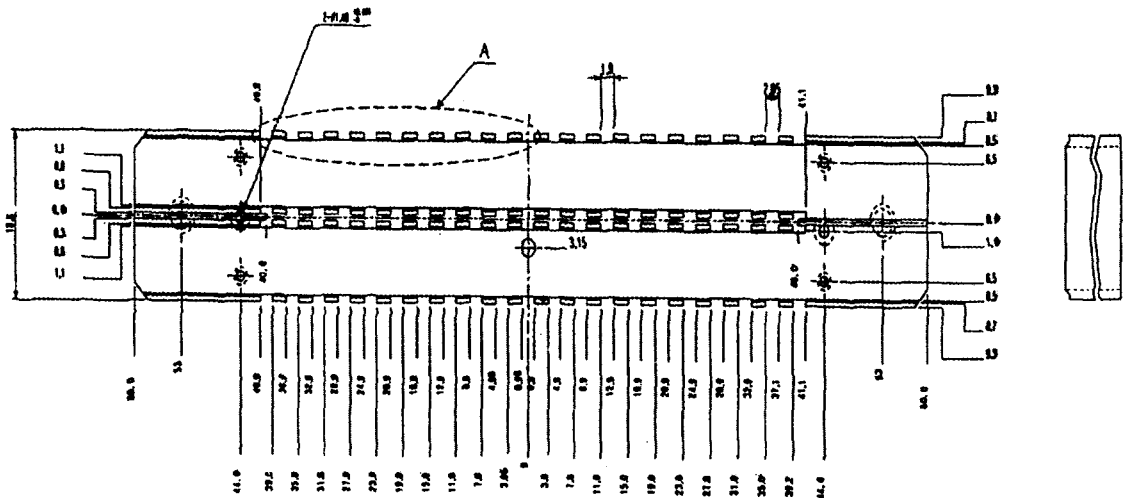


Fig. 9 Generated part drawing of bending die for specimen 1

화 및 기호화한다. 하위 정보 모듈에서는 수치화, 기호화된 전문가 지식에 가까운 설계 규칙과 에어 블로우 이송 매커니즘(air blow feeding mechanism)을 각 하부 계층의 고정 정보 모듈(fixed information module), 생성부 모듈(newly generation module), 표준 데이터 베이스(standardized data base)로 필요 정보를 변환하여 분배한다. 고정 정보 모듈, 생성부 모듈, 표준 데이터 베이스는 금형 도면내에서 상호 유기적인 관계를 유지한다. Fig. 8은 어셈블리 드로잉(assembly drawing) 모듈에 의해 생성된 조립도를 나타낸다. Fig. 9는 파트 드로잉(part drawing) 모듈에 의해 생성된 벤딩 다이 설계도를 나타낸다. Fig. 9의 자동 창생된 벤딩 다이는 형상과 치수가 중심선을 기준으로 좌우 대칭인 부품이다. Fig. 5의 형상 데이터를 입력받아 설계규칙에 의하여 각각 21 개의 다이 게이지 어퍼와 다이 게이지 로어를 가지는 벤딩 다이가 설계되었음을 알 수 있다. 우측면도에는 전극 고착부를 벤딩 가공하기 위한 빗면의 벤딩 다이면이 설계되었다.

시편 1 벤딩 다이의 경우, 조합될 사이드 벤딩 펀치는 Fig. 9에 보이는 벤딩 다이의 A부에 조립된다. 그러므로, Fig. 9의 벤딩 다이는 모두 4 개의 벤딩 펀치가 요구되며, 설계시 벤딩 펀치의 분할이 요구된다. 이 벤딩 펀치의 분할은 Fig. 3 시스템 구성도의 펀치 분할 모듈에서 판단 및 설계되며 데이터 베이스의 검색을 거쳐 펀치의 길이가 결정된다.

Fig. 10에 시편 1에 대한 사이드 벤딩 펀치의 상세도를 보인다. 톱니 파형의 형상에서 볼록부가 벤딩 가공을 하는 벤딩 다이의 턱(jaw)이다. 벤딩 펀치의 길이는 40mm이며, 좌측에서 첫 번째 턱의 너비는 2.06mm (3.03mm - 0.97mm)로 설계되었음을 알 수 있다. Fig. 9의 벤딩 다이 조립부 홈의 너비는 2.1mm (3.05mm - 0.95mm)으로 벤딩 다이면이 0.04mm 크게 설계되었음을 알 수 있다. Fig. 10의 사이드 벤딩 펀치 좌측에서 두 번째 오목부가 다이 게이지 조립 홈이며, 1.94mm (4.97mm - 3.03mm)로 설계되었다. 벤딩 다이의 경우는 1.90mm (4.95mm - 3.05mm)로 설계되었음을 Fig. 9의 벤딩 다이 부품도에서 확인할 수 있다. 이는 0.02mm의 다이 게이지 클리어런스가 적용되었음을 알 수 있다. 동일한 방법으로 벤딩 다이와 사이드 벤딩 펀치의 조립, 다이 게이지의 조립을 위한 클리어런스를 검토한 결과, 현업 적용이 가능한 결과가 얻어졌음을 확인하였다.

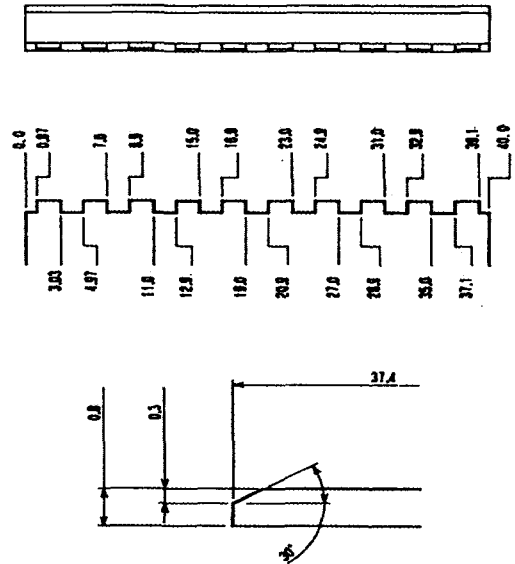


Fig. 10 Generated detail drawing of side bending punch for specimen 1

유사 형상을 지니면서 형상 내부의 게이지 홈의 위치, 스트리퍼 편 홈의 위치, 다이 게이지의 위치 및 크기, 서브 다이·펀치 그루브의 형상 및 위치 등의 다양한 변화에 대응하는 극박판 프레스 금형 자동 설계 전문가 시스템의 확장성을 살펴보기 위해 시편 2, 시편 3을 대상으로 시스템을 적용하여, 얻어진 자동창생된 다이 및 펀치 관련 도면을 Fig. 11~Fig. 14에 나타내었다. 본 연구에서 개발된 시스템은 Fig. 8에 보이는 총조립도의 금형 요소에 대한 도면을 자동으로 창생한다. 여기서, 펀치와 다이의 부품에 관하여만 언급하기로 한다.

Fig. 11에 Fig. 6에 보인 시편 2에 대한 형상정보를 입력받아 자동창생된 다이의 평면도를 보인다. 9 개 게이지 어퍼와 다이 게이지 로어가 각각 설계되었으며 한 개의 사각형 서브 다이와 서브 펀치 그루브 홈이 설계되었고, 이를 가공하기 위한 와이어 가공 예비홀이 사각형 주위에 설계되었음을 알 수 있다.

Fig. 12에 보이는 시편 2에 대한 사이드 벤딩 펀치는 9 개의 다이 게이지 홈이 설계되었고, Fig. 11의 다이와 조립되어 이상적으로 동작될 수 있음을 알 수 있고 3 개의 분할 펀치로 설계되었다. 사이드 벤딩 펀치가 설계될 때, Fig. 3의 시스템 구성도의 펀치분할 모듈에서 펀치의 분할이 결정되며 지식 베이스에 의한 추론과 데이터 베이스의 검색을 거쳐, 이상적인 분할 펀치의 조합을 결정하고

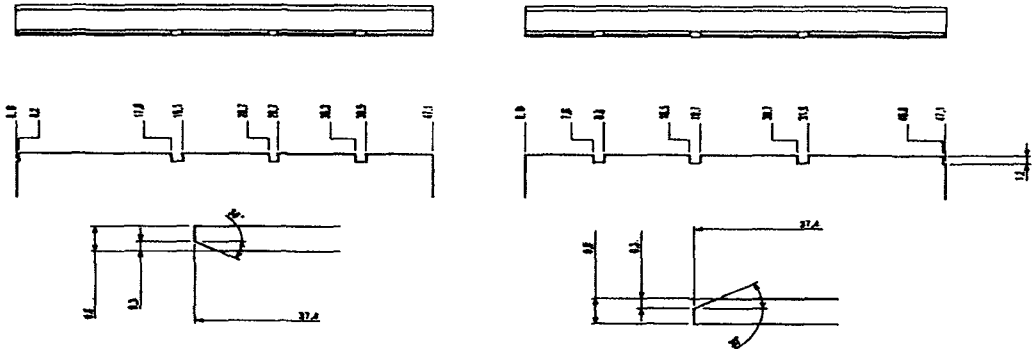


Fig. 14 Generated detail drawing of side bending punch for specimen 3

되었고, 이것은 Fig. 13의 시편 3에 대한 다이 부품에서 하부에 보이는 8 개의 다이 게이지 홈과 정상적으로 조립됨을 확인할 수 있다. 물론, Fig. 9~Fig. 14의 다이와 펀치 부품도에 나타난 치수는 실제 금형가공에 있어서 참고치수로 활용하게 된다. 높은 정밀도를 요구하는 금형가공의 경우에는 CAD 상에서 생성된 도면의 데이터를 IGES 또는 DXF 등을 사용하여 CAM 시스템으로 데이터 인터페이스한 후, CAM 시스템에서 CNC EDM 또는 CNC 그라인딩 머시인에서 가공이 가능한 NC 데이터를 생성하게 된다. 본 연구에서 개발된 시스템의 출력도 치수선은 금형의 조립이나 가공시의 참고치수이며, 실제 CAD 상에 생성된 엔티티(entity)들이 가공에 있어서 중요한 역할을 하게 된다. 시편 1, 시편 2, 그리고 시편 3에 대한 극박판 프레스 금형 자동 설계 전문가 시스템의 적용 결과인 극박판 설계 도면은 각 시편을 가공할 수 있는 금형 도면임을 알 수 있었고 출력된 결과는 현업적용이 가능함을 확인하였다. 따라서 극박판 프레스 금형 자동 설계에 있어 전문가 시스템의 응용이 가능함과 제시된 전문가 시스템 모형을 응용하여 이와 유사한 극박판 프레스 금형 자동 설계 시스템 개발에 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결론

극박판 프레스 금형의 경우, 구조의 특수성과 금형설계의 까다로움을 극복하기 위한 방안으로 전문가 시스템의 모형을 제시하고, 이를 바탕으로 하여 극박판 프레스 금형 자동설계 전문가 시스템을 개발하였다. 본 연구를 위해 프레스 가공에 관한 이론, 설계 핸드북, 현장의 데이터, 그리고 이 분야 설계 기술자의 전문가 지식이 활용되

었으며, 개발된 시스템의 특성을 요약하면 다음과 같다.

1. 유사 형상을 가지면서 형상 내부의 특정 형상 및 위치 데이터가 빈번하게 변화하는 제품에 대해 능률적인 극박판 프레스 금형 설계를 위하여, 전문가 지식에 가까운 설계 규칙을 지식 베이스와 추론기관으로부터 얻어, 세부 설계 모듈에서 각 극박판 프레스 금형 요소별 설계가 이루어지도록 구성된 전문가 시스템을 개발하였다.

2. 극박판 프레스 금형 설계를 위한 지식 베이스를 구축하기 위하여 금형 가공 분야의 전문가와 인터뷰하는 방법과 기존의 극박판 프레스의 이론적인 금형 이론식과 데이터 및 현장 데이터와 지식을 획득하여 금형 설계에 필요한 정보를 UNIX 환경하에서 C언어로 표현하였다.

3. 제품의 최소 형상 데이터를 입력 받아 입력된 제품의 형상 데이터를 분석하여 제품의 최적의 설계 조건을 고려한 전문가에 가까운 설계 규칙과 각 드로잉 모듈에서 필요로 하는 생성부, 고정부, 표준품의 정보를 드로잉 모듈에 제공하여 극박판 프레스 금형을 자동 설계한다. 전체적인 과정을 전문가 시스템의 추론기관에 의해 지식 베이스에서 추론되어 그 결과를 출력하였다.

4. 본 연구에서 제시한 극박판 프레스 금형 설계에 대한 기본 모형은 이와 유사한 설계 절차를 가지는 극박판 프레스 금형 설계 전문가 시스템 개발에 응용이 가능하다.

후 기

본 연구는 삼성전관주식회사와 동의공업대학 기계기술 연구소의 지원하에 추진되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. D.V. Pigford, Greg Baur, "Expert System for Business, 2/e", pp. 4-13, 1994.
2. H.Gloeckl, K.Lange, "Computer Aided Designing of Blanks for Deep Drawn Irregular Shaped Components", 11th, NAMRC, pp.243-252, 1983.
3. 박상봉, 최영, 김병민, 최재찬, "축대칭 디프 드로잉 공정의 CAD/CAM시스템", 한국정밀공학회지, 제13권, 제6호, pp. 27-33, 1996.
4. 박상봉, "극박판 프레스 금형 설계 전문가 시스템에 관한 연구", 대한기계학회 '97춘계학술대회 논문집, pp.174~178, 1997.
5. Misumi, Face Standard Components for Press Dies, Misumi Co., Ltd., 1995.