

전자총 전극 금형 자동설계 전문가 시스템

박 상 봉*

An Expert System of Grid Die Auto Design for Electron Gun

Sang Bong Park*

ABSTRACT

Due to the requirement of high precision and complexity during the die design for electron gun elements, it sometimes causes human-errors. In addition, in the case of beginners, they have more trial and error than skilled engineers. To remove these problems and increase the productivity in the practice field, it needs the development of CAD system for electron gun element progressive die. Through this study, a CAD system of electron gun element progressive die, which is used, by knowledge base system including expert's technology in the practice, has been developed. To develop this system, it has used C-language under HP-UNIX system and CIS customer language of the EXCESS CAD/CAM system. An application of this system will provide effective aids to the designer in this field.

Key Words : Grid(전극), Electron gun(전자총), Progressive die(프로그램시브 금형), Braun tube(브라운관), Expert system(전문가 시스템)

1. 서 론

전자총을 구성하는 부품인 전극(grid)은 캐소드(cathode)에서 방출되는 전자의 빔(beam)의 특성을 조절하는 중요한 역할을 한다. 이 전극은 일반적으로 원형 또는 타원형의 컵형 디프 드로잉 제품의 모양으로 되어 있으며, 천연색 브라운관용 전극의 경우는 R.G.B.(red, green, and blue)의 빔(beam)을 통과시키기 위한 작은 구멍이 있다. 전극의 재료는 외부의 자장에 대한 영향을 받지 않도록 하기 위하여 비자성 재료를 사용한다. 브라운관의 전자총 전극을 가공하기 위한 프로그램시브 금형설계에 있어서는 정밀금형 설계의 특성상 설계의 까다로움으로

인한 시행착오의 반복과 많은 설계시간이 요구되는 것이 난제이다. 이는 숙련된 기술자보다 초보자에게는 더 많은 어려움이 초래된다. 이러한, 산업 현장의 문제점을 최소화 하기 위한 방안으로 이 분야에 있어서 금형설계 전문가 시스템의 개발이 필요하다. 시스템 개발의 접근방법에 있어서 일반적으로 Roller⁽¹⁾ 등이 발표한 파라메트릭 기법을 적용하거나 Webber⁽²⁾ 등이 개발한 파라메트릭 프로그래밍 방법을 적용할 수 있다. 본 연구는 Fig. 1에 보이는 전자총에서 전극을 자동으로 금형설계하기 위한 전문가 시스템을 개발하기 위하여 파라메트릭 자동설계 방법을 도입하였다. 시스템은 설계변수 확정(confirmations of design parameters)과 설계결과 창생(design

* 동의공업대학 금형설계과, 정희원

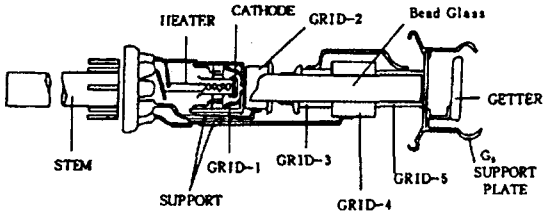


Fig. 1 Construction of electron gun

result generation)이라는 2 개의 커다란 블록 다이어그램으로 구성된다.

시스템 개발을 위하여, UNIX 환경하에서 C 언어와 프레스 금형전문 CAD/CAM 소프트웨어인 EXCESS 환경에서 CIS 언어를 사용하였다.

2. 금형설계 기술

2.1 연구범위 및 목적

최근에 영상정보기술은 브라운관 스크린 크기의 대형화와 더불어 높은 해상도(resolution)의 기술 개발에 관심이 모아지고 있다. 이러한, 기술개발의 요구에 부응하기 위하여는 브라운관 전극의 정밀한 설계와 금형개발이 뒷받침되어야 한다. 본 연구는 높은 정밀도가 요구되는 브라운관의 전극 금형을 설계하는 데 있어, 많은 설계시간이 요구되고 시행착오를 반복하는 종래의 문제점을 줄이고 생산성을 높이며 고품질의 설계결과를 바탕으로, 표준화된 금형 개발이 가능하도록 컴퓨터에 의한 자동 금형설계 시스템을 개발하는 데 목적이 있다.

Fig. 2에 보이는 브라운관 전자총의 전극 부품을 연구 대상으로 하며, 전극의 특성치를 입력으로 금형을 제작하

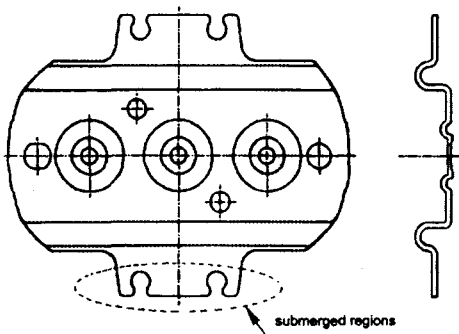


Fig. 2 A feature of electron gun grid

기 위한 모든 정보를 출력하는 전문가 시스템 개발을 연구범위로 한다.

2.2 금형의 구조

외부의 자기장에 대한 영향을 피하기 위하여 SUS 304L or SUS wire 등과 같은 비자성 재료가 전극의 재료로 사용된다. 금형은 파일릿 피어싱(piercing), 노칭(notching), 벤딩(bending), 엠보싱(embossing), 스웨이징(swaging), 트리밍(trimming), 그리고 파팅(parting) 등과 같이 여러 가지의 프레스 가공이 요구되며 이러한 공정이 순차적으로 배열된 프로그래시브 형이며, 다이셀, 펀치, 다이를 비롯하여 부속기구 등으로 조합되어 있다. 특히, 전극은 비드 글래스 (bead glass)에 의하여 고정되도록 외부는 불규칙한 형상의 용착부(submerged regions)와 내부는 전자 빔이 통과되는 3 개의 구멍으로 형성되어 있다.

전극에서 양질의 3가지 전자 빔(red, green, and blue)을 생성하기 위해서 펀치와 다이의 설계 및 가공시 높은 정밀도가 요구된다. 또한, 박판(thin sheet metal)의 이송과 스트리핑(striping)에 대해 용이한 구조가 될 수 있도록 설계시 고려되어야 한다.

2.3 전문가 시스템

본 연구의 대상인 전극은 0.3mm 정도의 박판이며, 용착부와 성형부는 복잡한 형상을 하고 있으며, 치수 및 형상공차는 높은 정밀도가 유지되어야 한다. 또한, 전자빔이 통과하는 3 개의 구멍(R.G.B. hole)은 전자총의 제품 특성에 따라 여러 가지의 형상으로 설계된다. 또한, 용착부의 형상, 용착부의 폭, 넝(neck)의 직경, 기준 구멍(standard hole) 등도 전극 특성에 따라 각각 다르다. 이러한, 전극의 특성을 결정짓는 변수가 시스템의 입력 정보로 사용된다. 이 입력 정보를 바탕으로 하여, 프로그래시브 금형에 대한 스트립 레이아웃이 결정되고, 전체 조립도, 부품도, 상세도, 그리고 파트 리스트가 창생되도록 시스템을 구성한다. 시스템을 구축하기 위하여, 시스템의 각 모듈은 지식 베이스와 실제 현장의 자료를 기초로 한 데이터 베이스가 유기적인 관계를 가지도록 조합한다.

3. 시스템의 구성과 설계규칙

3.1 시스템의 구성

Fig. 3 과 Fig. 4에 본 연구에서 사용된 시스템의 구조

를 나타내었다. 시스템은 크게 설계변수 확정 (confirmation of design parameters) 블록과 설계결과 창생 (design result generation) 블록의 2 개 블록으로 구성된다. 설계변수 확정블록은 전자빔 통과구멍, 용착부의 형상, 벤딩, 기준 구멍, 엠보싱과 스웨이징과 같은 전극의 특징에 관련된 정보를 입력받아 금형설계를 위한 주요한 설계변수를 계산하고, 확정한다. 지식 베이스는 현장의 경험과 기술자료, 이론 등의 기술적인 정보를 바탕으로

구성한다. 추론기관을 통하여 새로운 사실이 생성되고 이는 지식 베이스에 추가된다. 여기서 결정된 설계변수들은 스트립 레이아웃(strip layout), 다이셋의 결정(decision of die-set), 펀치와 다이의 결정(decision of punch and die), 그리고 금형의 부속장치의 결정(decision of auxiliaries) 등이다. 결정된 설계변수들은 설계결과 창생 블록의 입력으로 사용된다. 설계결과 창생 블록에서는 설계를 위한 주변수(main parameters)가 먼저 계산된다. 이어서 부분수(sub parameters)가 결정된다. 이 주변수와 부분수는 전체 조립도, 부품도, 상세도, 파트 리스트 등의 설계결과를 확정하기 위하여 필요한 모듈로 할당된다. 이 과정에서 설계규칙과 데이터 베이스는 필요에 따라 호출에 의한 검색과 절차적인 판단의 과정을 지원하게 된다. 주변수 입력(input of main parameters) 모듈은 정의된 변수를 할당한다. 용착부의 형상, 크기, 전자빔 통과 구멍의 피치 등을 포함한 전극 형상 정보 입력을 위한 입력 테이블을 Fig. 5(a)에 보인다. 벤딩부의 상세 입력은 Fig. 5(b)와 같이 정의된다. 그리고, 엠보싱과 스웨이징과 관련된 입력은 Fig. 5(c)의 정보로 한정된다. 이것은 각각 전극의 특성을 결정하는 주요한 변수가 된다. 변수할당(assignment of parameters)모듈은 주변수와 부분수 들을 각 모듈들이 시스템 내부에서 호출하여 사용하고자 할 때, 사용이 용이한 형태로 변환되어 할당되도록 해 준다. 드로잉 모듈(drawing module)은 스트립 레이아웃 모듈, 총조립도 모듈, 부품도 모듈, 상세도 모듈, 치수기입 모듈, 그리고 파트 리스트 모듈로 구성되어 있다. 스트립 레이아웃 모듈은 각 공정순서 결정에 맞는 스트립 레이아웃도를 생성한다. 스트립 레이아웃에는 파일럿 피어싱, 노칭, 벤딩, 스웨이징, 엠보싱, 트리밍, 파팅의 프레스 공정이나 또는 이 공정들의 28조합 등이 포함되어 구성된다. 총조립도 모듈은 프로그램 금형의 총조립도를 생성한다. 부품도 모듈은 금형의 각 요소에 대한 부품도를 생성하며, 상세도 모듈은 실적으로 나타내기 힘든 작은 요소일 경우, 이를 확대하여 생성되도록 한다. 파트 리스트 모듈은 각 금형요소의 부품번호, 부품명, 재질, 필요 수량, 열처리 유무 등을 표시하며, 치수기입 모듈은 계산된 치수를 기입 방향을 자동으로 판단하여 정해진 위치에 기입되도록 하는 기능을 포함하고 있다. 형상공차와 조립공차의 판단 및 결정은 기술 데이터북, 금형기술과 관련한 핸드북, 금형 기술자와 인터뷰에 의하여 획득한 현장의 실제적인 데이터를 이

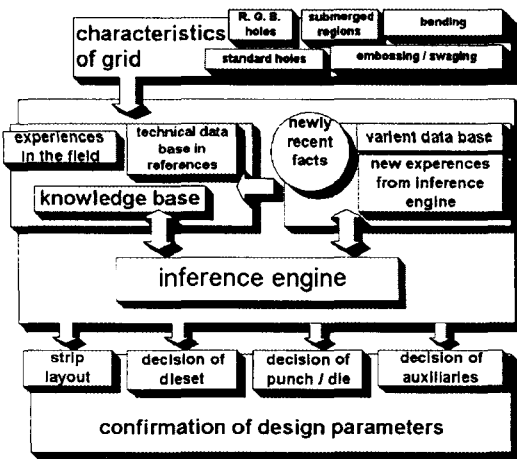


Fig. 3 The block diagram for the confirmation of design parameters

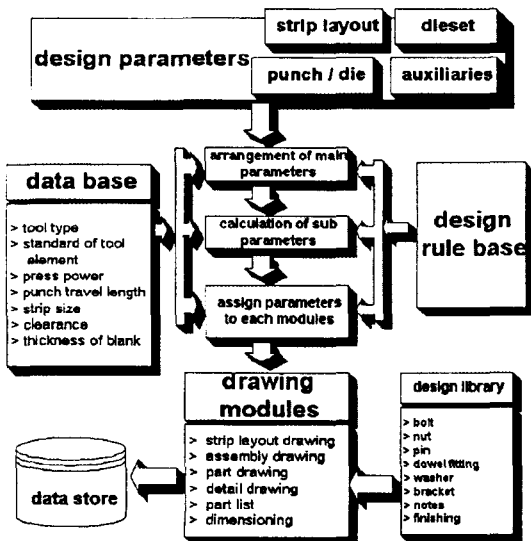


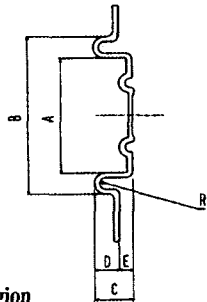
Fig. 4 The block diagram of the design result generation

매립부		매립폭	Neck경	R. G. B Hole				기준 Hole		
형상	치수			피치	형상	치수	피치	형상, 존재	치수	
	V	11	V #20.8	R.G.	D	V	F	V		
	V			6.6	0.45	A: 2.6	B: 2.8	#1.2		
	V			13.2	0.4	A: 17.8		#1.2		
		18	#21.6	R.G.	X					
				5.6	0.5					
				11.2	0.45					

(a) Input table of geometrical information for grid

	-1	-2	-3	-4
A	8.0	8.0	8.0	
B	10.0	10.0	10.0	
C	2.0	2.0	1.5	
D	1.5	1.0	0.5	
E	0.5	1.0	1.0	
R	RO.5	RO.5	RO.4	

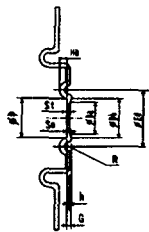
SAVE EXIT



(b) Detail input of bending region

	-1	-2	-3
#Da	#1.5	#1.5	#1.5
#Db	#2.0	#2.0	#2.0
#P	#2.0	#2.0	#3.0
#Ed	#3.4	#3.5	#4.0
h	0.1	0.1	0.1
G	0.1	0.1	0.1
Ha	0.5	0.5	0.5
R	RO.5	RO.3	RO.3
St	0.1	0.1	0.1
Se	0.05	0.1	0.05

SAVE(EXIT).



(c) Detail input of embossing and swaging region

Fig. 5 Inputs of characteristics for grid

3.2 규칙 베이스

본 연구는 기술 데이터, 현장에서 축적된 노하우, 현장의 작업자, 설계기술자의 경험을 정형화된 규칙에 따라 체계적으로 구성한 규칙 베이스를 적용하였다. 이러한 규칙 베이스는 소성가공과 관련된 기술 보고서, 현업의 자료, 현장 기술자의 노하우를 시스템 내에서 처리가 유리하도록 체계적인 절차로 정형화, 정식화한 것이다.

4. 적용 및 고찰

개발된 시스템을 사용하여 실제 현업에서의 적용 가능성과 이의 확장성에 대하여 검토하였다.

Fig. 5에 전극의 특성에 대한 입력을 보인다. 전극의 형상 및 크기에 대한 정보에 대한 입력 테이블을 Fig. 5(a)에 나타내었다. 이 입력 테이블을 통하여 용착부의 형상은 A, 용착부의 폭은 17mm, Neck의 직경은 20.8mm, R.G.B. 구멍의 피치는 6.6mm, 기준구멍의 형상은 F, 기준구멍의 피치는 2mm × 2.8mm, 기준구멍의 직경은 1.2mm임을 알 수 있다.

벤딩부의 상세 정보 입력은 벤딩부에 대한 입력 테이블을 사용하여 A, B, C, D, E, 그리고 R에 대한 각 벤딩 특성치가 입력된다. 엠보싱과 스웨이징부는 Da, Db, P, Ed, h, G, Ha, R, St, 그리고 Se의 특성치로 입력이 되며, 성형 공정의 특성을 입력그룹으로 표현하여, 이를 "-1", "-2" 등의 그룹화된 성형 공정 특성치로 입력되도록 하였다. 만약에 새로운 전극 부품에 대한 성형 공정이 요구된다면, 상세입력화면에 또 하나의 성형 공정에 대한 입력그룹을 만들 수 있도록 하였다. 여기서는 "-2"의 입력그룹이 선택되었다. Fig. 5(b)에 벤딩부에 대한 상세입력을 보인다. 엠보싱과 스웨이징부에 대한 상세입력을 Fig. 5(c)에 나타내었다.

Fig. 5의 전극 특성에 대한 입력을 통하여 Fig. 6 ~ 12와 같은 시스템의 출력결과를 얻었다. Fig. 6에 스트립 레이아웃도를 보인다. 모두 16 개의 공정을 가지고 있

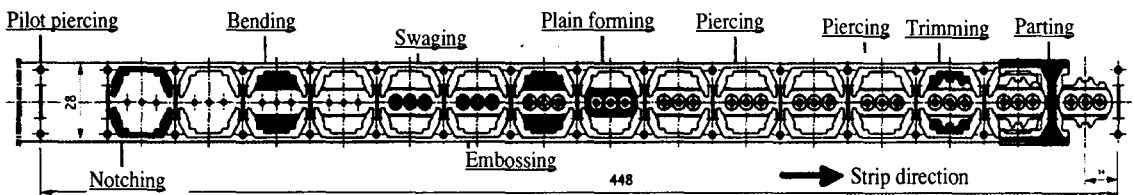


Fig. 6 Generated design output of strip layout

으며, 파일럿 피어싱, 노칭, 벤딩, 스웨이징, 엠보싱, 트리밍, 그리고 파팅의 공정으로 구성되었다. 파일럿 피어싱 공정은 파일럿 피어싱 구멍이 가공되는 공정이다. 프로그래시브 공정이 진행되면서 스트립의 변형을 최소화하기 위하여, 노칭 공정에서 전극의 여유부(marginal area)를 노칭하게 된다. 벤딩공정에서는 벤딩부가 형성

되며, 엠보싱과 스웨이징 공정을 지나면서 제1차와 제2차의 엠보싱과 스웨이징 공정이 완성된다. 평면성형(plain forming) 공정은 전극의 평면도를 유지시키는 데 중요한 역할을 한다. 피어싱 공정에서, R.G.B. 구멍이 피어싱된다. 용착부의 형상은 트리밍 공정을 지나면서 완성되며, 최종의 전극 제품은 파팅 공정에서 마무리된다. 스트립의 흐름은 금형의 좌측에서 유입되어 각 공정을 지나 우측의 파팅 공정까지 진행된다. 금형 총조립도에 대한 정면도를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 8 은 총조립도에 대한 평면도를 보이며 Fig. 9에 벤딩 공정에 대한 금형 조립도를 보인다. 그리고, 엠보싱과 스웨이징 공정의 금형 조립도는 Fig. 10에 나타내었다.

시스템을 통하여 전극 금형을 구성하는 전체 부품이 자동으로 생성된다. 여기서는 생성된 결과중 일부인 펀치와 다이에 대한 금형 부품도를 Fig. 11과 Fig. 12에 보인

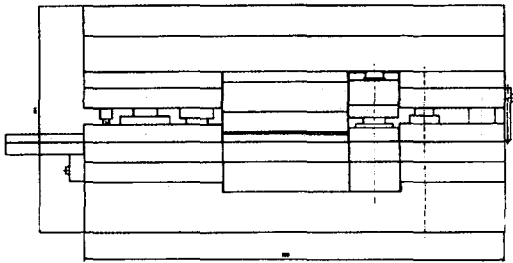


Fig. 7 Front view of total assembly drawing

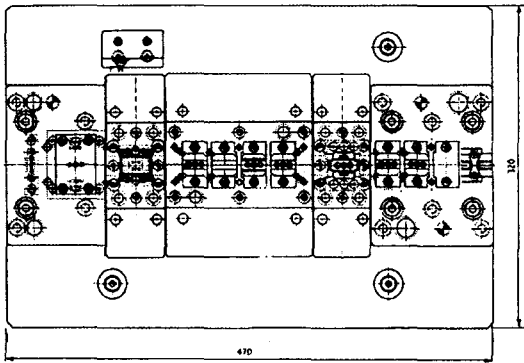
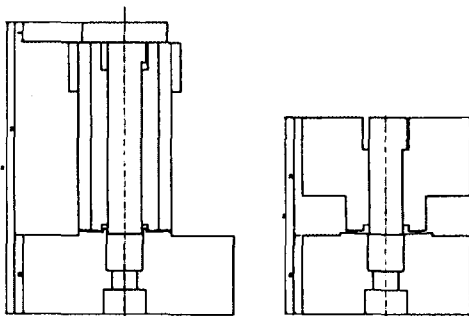
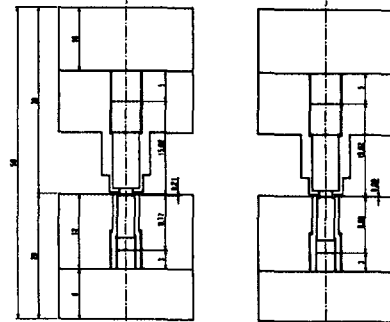


Fig. 8 Top view of total assembly drawing



(a) Bending process #1 (b) Bending process #2

Fig. 9 Assembly drawing in bending process



(a) Embossing and swaging process #1 (b) Embossing and swaging process #2

Fig. 10 Assembly drawing in embossing and swaging process

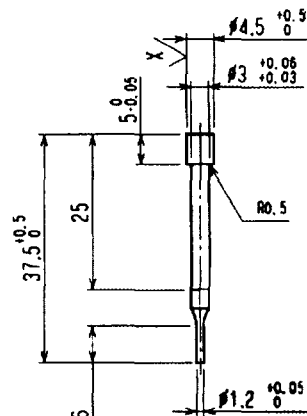


Fig. 11 Part drawing of punch

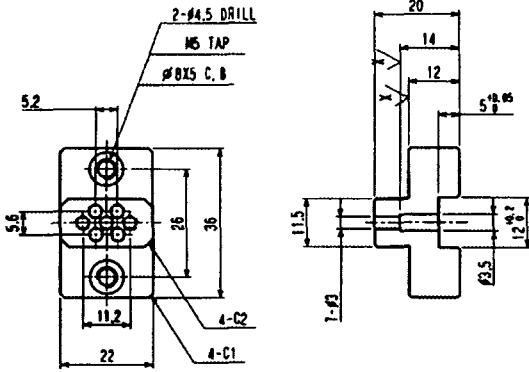


Fig. 12 Part drawing of die

다. 그리고, 펀치의 부품도를 Fig. 11에 보인다. 현업에 적용 가능한 형상과 치수를 가진 펀치와 다이가 창생되었음을 확인하였다. 1.2mm의 직경을 Fig. 5(a)에 보인 전극의 형상정보 입력 테이블의 입력 조건인 1.2mm와 일치함을 알 수 있다. 다이 부품의 완성도면에서 입력된 전극을 가공하기 위한 다이가 설계되었음을 확인하였다. Fig.11은 펀치의 부품도를 보인다. Fig. 11에서 적정의

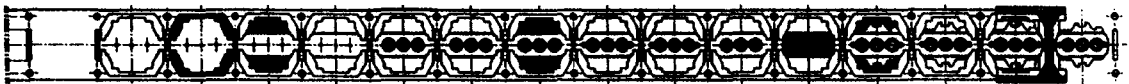
조립공차를 포함한 1.2mm의 직경을 갖는 펀치가 설계되었다. 이 결과는 Fig. 5(a)의 요구조건을 만족시키고 있다. Fig. 12는 다이의 부품도를 보인다. 여기서, 기준 구멍은 Fig. 5(a)의 형상정보 입력 테이블의 조건을 만족하도록 창생되었다. 피치는 5.2mm(수평 방향 : 2.6mm x 2), 그리고 5.6mm(수직 방향 : 2.8mm x 2)이다. 이 설계결과는 Fig. 5(a)에 보이는 입력조건(A : 2.6mm x B : 2.8mm)을 만족하고 있음을 알 수 있다.

개발된 시스템의 응용에 대한 확장성을 검토하기 위하여, Table 1에 보이는 시편을 시스템에 적용하였다. Fig. 13에 보이는 것과 같이 현업적용에 가능한 시스템의 결과를 확인하였다. Fig. 13(a)의 스트립 레이아웃은 융착부의 형상은 B 타입이며, 2개의 기준 구멍을 가지고 있으며, Fig. 13(b)의 경우는 융착부 형상은 C 타입, 4개의 기준구멍을 가진 경우이다. Fig. 13(a)와 Fig. 13(b)의 스트립 레이아웃은 Table 1의 입력 조건에 따라 창생되었다.

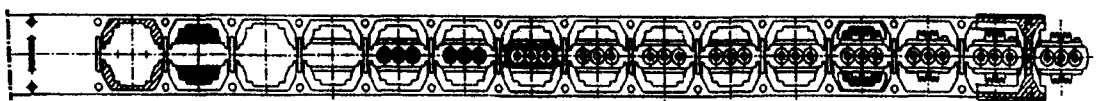
시스템의 확장성 검토를 통하여, 창생된 금형설계 결과는 실제 산업현장에 적용이 가능함을 확인하였다. 또한, 개발된 시스템을 현업에 적용함으로써, 프로그래시브 금

Table 1 Input conditions for confirmation of the possibility and the expandability (Unit: mm)

SPL	Shape of submerged regions	Width of submerged regions	Diameter of neck	R.G.B holes			Standard holes		
				Pitch	Shape	Dimension	Pitch	Shape	Dimension
#1	B	17	20.8	6.6	D	0.4	17.8	Two holes	1.2
#2	C	18	20.8	5.6	D	0.65	2.6x2.8	Four holes	1.2



(a) Generated strip layout inputting by SPL #1 condition on the Table 1



(b) Generated strip layout of inputting by SPL #2 condition on the Table 1

Fig. 13 The possibility and the expandability of utilizing the developed system

형설계 시 시행착오를 줄이고, 설계시간을 현저히 단축하는 효과는 물론, 초보자도 전문가 수준의 설계결과를 쉽게 얻을 수 있음을 확인하였다. 그리고, 개발된 시스템은 전극의 제품설계 단계에서 금형제작에 대한 시뮬레이션의 도구로도 활용이 가능하다.

5. 결 론

본 연구를 통하여, 전자총 전극을 가공하기 위한 프로 그래시브 금형 자동설계 전문가 시스템을 완성하였다. 개발된 시스템의 특징을 요약하면 다음과 같다.

1. 본 시스템은 전극의 특성을 나타내는 형상과 치수 데이터, 특수 공정의 데이터 입력으로 금형 제작에 필요한 모든 정보, 즉, 스트립 레이아웃, 금형의 총조립도, 부품도, 상세도, 그리고 파트 리스트를 자동으로 창생한다.

2. 설계규칙 및 설계 데이터 베이스의 구축을 위하여, 현업의 금형설계 전문가의 인터뷰와, 현장의 실제적인 기술로부터 획득된 정보를 지식 베이스화 하였다. 지식의 표현을 위해 UNIX 시스템 환경하에서 C 언어와 EXCESS CAD/CAM 환경하에서 CIS 언어를 사용하였다.

3. 개발된 시스템은 브라운관 전자총 전극의 제품설계 단계에서의 금형제작에 대한 시뮬레이션 도구로 활용되어 금형제작시의 트러블 예측에 대한 판단근거 확보가 가능하다. 또한, 생성된 CAD 데이터를 CAE, CAM 등의 타 시스템 응용 시 연계가 가능하다.

4. 개발된 시스템의 적용으로 설계시간의 현저한 단축이 가능하고, 설계 시 시행착오의 반복으로 인한 비효율을 줄이고, 초보자라도 전문가 수준의 설계결과를 쉽게 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

1. A. Verroust, F. Schonek and D. Roller, "Rule-oriented Method for Parameterized Computer Aided Design," Computer Aided Design, Vol. 24, No. 10, pp. 531-540, October 1992.
2. C. A. McMahon, K. Lehane, J. H. Sims Williams and G. Webber, "Observations on the Application and Development of Parametric-Programming Techniques," Computer Aided Design, Vol. 24, No. 10, 1992.
3. Chang, T. C., Expert Process Planning for Manufacturing, Addison-Wesley, 1990.
4. American Society for Metals, Engineering Properties of Steel, ASM, Metals Park, Ohio, 1985.
5. C. Wick, J. J. Benedict and R. F. Veilleux, Tool and Manufacturing Engineers Handbook, Vol. II, Forming, SME, Ohio, 1984.