

# 인발금형설계 자동화 프로그램 개발

권혁홍\*, 이봉규<sup>+</sup>

(논문접수일 2004. 9. 16, 심사완료일 2005. 3. 9)

## Development of Automatic Program for Drawing Die Design

Hyuk-Hong Kwon\*, Bong-Kyu Lee<sup>+</sup>

### Abstract

Design of drawing dies was used in real industrial environments. It was designed by CAD software in many small & medium companies, but many products require various types, and sizes. Therefore many companies are required to reduce process time and design mistakes. In this paper, it was developed the automatic program in order to learn and use easily for design of the drawing dies. It was composed with Visual LISP/DCL language in a commercial CAD package, AutoCAD, and GUI in design system. The system is based in the knowledge base system which is involved a lot of expert's know-how. We have built database of design type and detail sizes. The automatic design system requires basic product type and sizes, and then the system accesses to the database and finds out sizes by comparing with input parameters, after then finally generates drawing dies file.

**Key Words** : Drawing Die(인발금형), Automatic Design(자동화 설계), DCL(Dialog Control Language : 대화상자조절언어), Visual LISP(Visual LISP Processor or LISP Programming)

## 1. 서 론

인발가공은 기본적인 소성가공법 중 하나이며 와이어, 봉, 다양한 단면 형상을 가지는 제품을 효과적으로 생산할 수 있는 가공법이다<sup>(1)</sup>.

설계자동화의 목적<sup>(2)</sup>은 현장 전문가의 경험과 지식, 여러 가지 연구결과를 바탕으로 지식 데이터베이스를 구축하고 이를 바탕으로 현장 경험이 없는 초보자라도 신속하고 간단

하게 고효율의 제품설계를 수행할 수 있도록 하는 것이다.

그동안 LISP을 활용한 설계자동화에 대한 연구는 다양한 분야에서 적용 되었으며 실제로 Kwon<sup>(3)</sup> 등이 공작기계 절삭유 냉각용 오일쿨러에 대한 열교환기 설계에 관한 연구를 하였고, Lee<sup>(4)</sup> 등은 AutoLISP을 이용하여 기어 형상에 대한 자동 설계와 회전 궤적을 자동으로 형상화 할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, Cho<sup>(5)</sup> 등은 알루미늄 합금 형제의 열간압출 Flat-Face금형에 대한 설계와 도면생성을 가능하게

\* 대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 (hhkwon@daegin.ac.kr)  
주소: 487-711 경기도 포천시 선단동 산 11-1

+ 대전대학교 과학영재교육원

하였다. 그러나 아직까지 인발 금형에 대한 설계자동화는 없었으며 이는 대부분의 업체들이 중소기업체이고 여러 가지 열악한 상황으로 인해 지식 데이터베이스의 구축과 설계자동화가 쉽지 않은 않았기 때문이다.

본 연구에서는 형상에 대한 각각의 형상을 정의하고 이를 AutoCAD 작업환경에서 Visual LISP과 DCL<sup>(3,6,7)</sup>을 이용하여 프로그램함으로써 누구나 쉽게 바람직한 인발금형 설계가 가능한 시스템을 구축하고자 한다. 또한 다양한 제품 형상과 크기에 대하여 인발금형 형상에 대한 치수를 데이터베이스화하여 인발금형설계시 자동도면 생성을 용이하게 함으로써 설계 작업의 생산성을 향상시키고자 한다.

## 2. 시스템의 구성 및 작동원리

Fig. 1은 인발금형(drawing die)에 대한 개략도이며, 인발금형에 대한 전반적인 형태를 나타내고 있다. 일반적으로 축대칭 형상의 소재가 Mouse - Approach region - Bearing부를 통하여 표면 조도와 높은 정밀도의 와이어나 여러 형태의 봉 및 다양한 단면 형상을 가지는 제품의 생산이 가능하다.

전체적인 프로그램의 구성은 쉽게 확장이 가능하도록 하였으며, 작업 상황에 따라서 수정을 용이하게 모듈로 처리하였다. 이러한 이유는 한 종류의 기본 형상만으로는 모든 형상에 대한 표현이 불가능하였고, 특정 형상에 대한 여러 가지 제약조건이 있기 때문이다.

따라서 본 시스템에서는 우선적으로 형상에 대한 공통적인 부분과 상이한 부분을 파악하여 기본적인 몇 가지 형상으로 분류하여 모듈화 작업을 수행하였다. 이로 인하여 여러 상황에 대한 대처가 쉽고 현상에서의 시스템 신뢰도가 높아질수록 이를 바탕으로 또 다른 기능에 대한 확장이 용이하도록 개발하였으며 Fig. 2는 설계자동화 시스템에 관한 순서도를 나타낸 것이다.

본 시스템의 구현에 있어서 필요한 기능은 사용자와 인터페이스 하기 위한 대화상자 구현기능과 선택된 형상에 대한

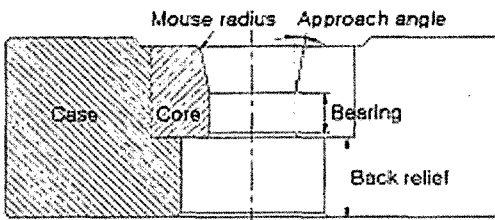


Fig. 1 Drawing die

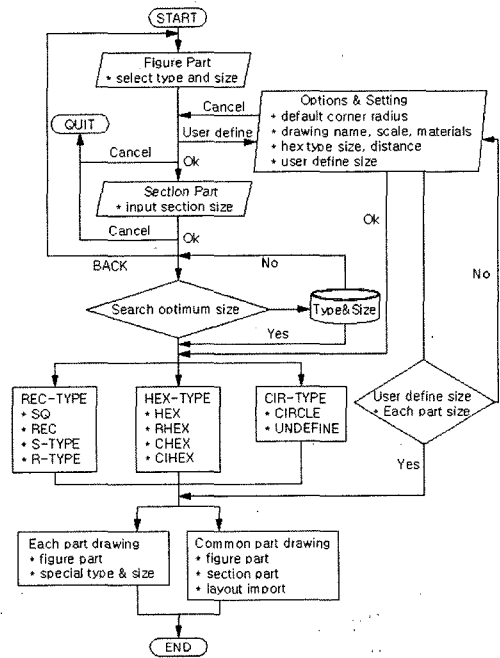


Fig. 2 Flow chart of the automatic design for the drawing dies

행동패턴 결정기능, 필요에 따라 기존에 구축된 데이터베이스에서의 자료호출 및 비교기능, 사용자 정의에 의한 사이즈 결정기능, 특정 형상에 대한 조건부여 기능, 계산된 설계사양에 맞게 도면을 출력하는 기능, 각종 에러, 메시지, 도움말을 출력하는 기능 등 7가지의 모듈로 구성되어 있다.

### 2.1 대화상자의 구현

대화상자를 구현하기 위하여 AutoCAD가 지원하는 DCL을 사용하여 대화상자 및 기타 메시지상자를 구성하였다. 대화상자 조정언어인 DCL은 보통의 다른 프로그램과는 차이가 있지만 대화상자의 구성요소인 각종 파일에 대한 각종 정보교환과 조정을 위하여 'KEY NAME'이라는 것을 정의하며 이를 통하여 Visual LISP과 연동할 수 있다. 만약 특정 파일에 어떠한 Action을 취하면 특정 'KEY NAME'에 대한 과정을 Visual LISP프로그램으로 수행하게 된다.

대화상자는 크게 3가지 종류로 나누었다. 제품의 형상과 관련된 부분, 금형의 단면 형상과 관련된 부분, 및 기타 옵션 및 환경설정을 위한 부분으로 구분하였다. Fig. 3은 전반적인 시스템을 구성하는 Visual LISP 프로그램과 대화상자를 구성하는 DCL과의 관계를 나타낸다.

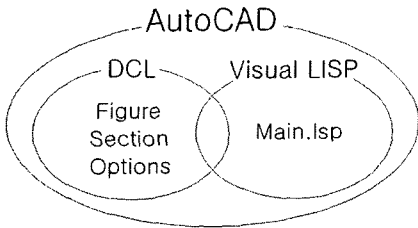


Fig. 3 Relation of DCL and LISP

초기 FIGURE.DCL을 통하여 프로그램이 시작되며 선택적으로 OPTIONS.DCL을 호출하여 여러 가지 설정이 가능하게 구성되어 있으며, SECTION.DCL을 통하여 최종적으로 금형 형상에 대한 파라미터를 MAIN.LSP으로 보내어 연산이 시작된다.

각 스텝별로 필요한 파라미터나 종류를 선택할 수 있게 하였고 실시간으로 화면에 각 종류에 대한 형상과 필요한 파라미터 값을 넣도록 나타내었으며, 필요치 않은 파라미터 값은 자동적으로 비활성화 되도록 수행하였다. 이는 비전문가라도 쉽게 인발금형 설계에 요구되는 작업에 임할 수 있게 도와주며 필요치 않는 파라미터 입력을 통한 오류나 실수를 방지하고자 하였다. Fig. 4는 자동으로 비활성화 되는 대화상자를 나타내고 있다.

### 2.2 행동패턴 결정기능

본 시스템에서 인발금형의 형상을 크게 3가지 형태로 분류하고 세부적인 형상에 대한 설계 작업을 수행하였다. Fig. 5는 형상에 대한 특징과 분류를 나타낸다.

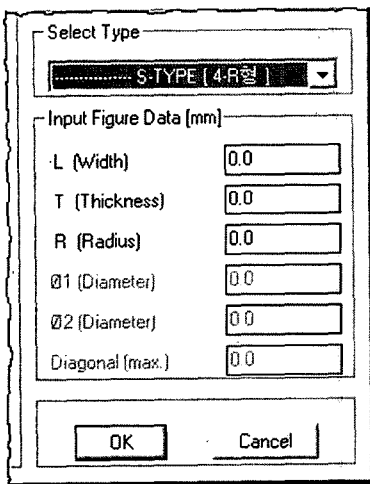


Fig. 4 Running example of FIGURE.DCL

Type	Explanation	
F o u r c o r n e r s	<b>Square</b> 	<b>Rectangle</b> 
	<b>2R - Rectangle</b> 	<b>4R - Rectangle</b> 
H e x a g o n	<b>Hexagon</b> 	<b>Round-Hex.</b> 
	<b>Chamfer - Hex.</b> 	<b>Circle - Hex.</b> 
C i r c l e	<b>Circle</b> 	<b>Undefine Shape</b> 

Fig. 5 Various types of drawing dies

Fig. 5의 그림과 같이 임의로 분류한 각각의 형태에 따라 기하학적으로 요구되는 인발제품에 대한 인발금형설계를 위한 규칙베이스를 구축하였다.

### 2.2.1 Four corners type에 대한 규칙<sup>(2,8)</sup>

- 규칙1) 일반적으로 L과 T의 치수는 서로 다르다.
- 규칙2) 일반적으로 4변의 모서리에는 라운드(R)가 되어있다.
- 규칙3) Square의 경우 L과 T의 치수가 같은 형태이다. 임의로 설정이 가능한 최소의 라운드 값을 가진다.
- 규칙4) Rectangle의 경우 임의로 설정이 가능한 최소의 라운드 값을 가진다.
- 규칙5) 2R-Rectangle의 경우 T의 치수가 2R이며 4각형의 폭은 L을 넘기면 안 된다.
- 규칙6) 4R-Rectangle은 일반규칙과 같다.

### 2.2.2 Hexagonal type에 대한 규칙

- 규칙7) 일반적으로 D1을 지름으로 하는 원과 D2를 내적으로 하는 6각형을 생성한다.
- 규칙8) Hexagon의 경우  $D1=D2$ 이며 D1을 지름으로 하는 원은 생성하지 않는다. 임의로 설정이 가능한 최소의 라운드 값을 가진다.
- 규칙9) Round-Hex의 경우 6각의 2변과 D1을 지름으로 하는 원과의 3변에 탄젠트한 아크를 생성하며 그 값이 라운드 값이 된다.
- 규칙10) Chamfer-Hex의 경우 D1을 지름으로 하는 원과 6각형의 중심에서 꼭짓점까지의 연장선상에 만나는 교점에서 원에 접하는 접선을 그어 만나는 2점을 지나게 모따기한다.
- 규칙11) Circle-Hex의 경우 D1을 지름으로 하는 원과 6각의 2변이 만나는 2교점을 지나는 아크를 생성하며,  $D1/2$ 이 라운드 값이 된다.

### 2.2.3 Circle type에 대한 규칙

- 규칙12) D1을 지름으로 하는 원을 생성한다.
- 규칙13) Circle의 경우 규칙1의 내용과 일치한다.
- 규칙14) Undefined Shape의 경우 이형 형상의 최대 지름(Dmax)을 기준으로 Circle규칙에 따라 원을 생성한다.

이후부터 2R-Rectangle, 4R-Rectangle, Round-Hex, Chamfer-Hex, Circle-Hex를 각각 R-type, S-type, RHEX, CHEX, CIHEX라 호칭한다.

## 2.3 데이터베이스 자료호출 기능

제품의 사이즈가 결정되면 사이즈를 기준으로 데이터베이스의 값들과 비교를 하며 금형의 형변과 전체적인 사이즈를 결정하는 기능을 수행하게 되며 자료형태는 4각형, 6각형, 원형의 경우가 있다. 4각형의 경우 세부적으로 2가지 종류가 존재하며, 6각형과 원형의 경우에는 입력된 형상에 대한 최대 지름값과 코어외경과의 임의의 여유 값을 합하여 코어의 외경과 비교하여 치수를 결정하게 된다.

데이터베이스는 특수기호를 통하여 각 파트에 대한 사이즈를 정의하고 있으며 아스키코드로 작성되어 있어 쉽게 데이터의 수정이나 확장이 가능하다. 아래 Fig. 6은 데이터베이스의 구조를 나타낸다.

4각 type의 경우 폭(L), 폭(L) + 두께(T)값을 기준으로 사이즈값과 데이터베이스 값과의 비교 반복을 통하여 알맞은 범위의 값과 위치를 구하게 되며 그 데이터베이스의 형변과 코어 지름, 코어 두께, 케이스 지름, 케이스 두께 값을 다음 연산으로 넘기게 된다.

## 2.4 사용자 정의에 의한 사이즈 결정

2.3절 데이터베이스 자료호출 기능을 통하여 형상에 대한 형상과 기본 사이즈를 지정하게 되면 자동으로 알맞은 제품의 크기와 형변을 결정하지만 제품생산을 위한 재료비와 인발가공을 통한 제품의 생산량을 고려하여 임의로 금형의 사이즈를 조절하여 제품 생산가격을 조정할 경우가 있으며 이러한 경우 코어와 케이스의 사이즈에 대하여 설계자가 임의로 사이즈를 조절할 필요가 있다. 또한 사용자 정의를 통한 데이터 입력은 형상에 대한 올바른 이해가 없이는 수정이 곤란한 부분이며 따라서 사용자 정의와 관련된 부분은 토글 박스를 눌러야 세부적인 설정창이 활성화되며 이외의 경우에는 모두 비활성화 된다. Fig. 7은 사용자 정의 팝업 리스트를 통한 변경이나 임의의 입력을 통한 치수결정을 보여준다.

## 2.5 특정 형상에 대한 조건부여 기능

본 시스템에서 인발금형의 Back relief의 평면도 형상을 원형으로 정의하였다. 하지만 제품 형상 중 폭(L) 길이 값이

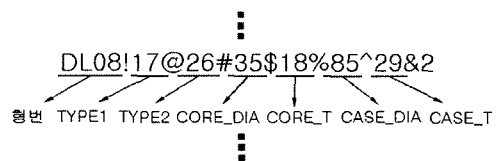


Fig. 6 Database structure

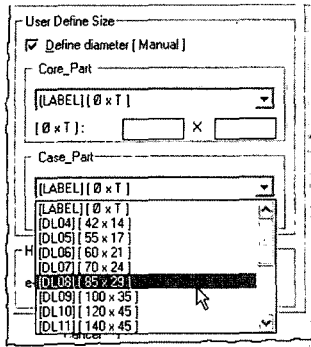


Fig. 7 User define fixing

상대적으로 두께(T) 값보다 큰 경우가 있으며 이러한 형태를 'Bus-Bar'라 부른다. 이런 경우 원형으로 Back relief 부분을 가공하게 되면 코어부를 받쳐주는 케이스부와의 접촉면적이 작아져 금형의 파손이나 형태적인 변형이 일어날 수 있다. 때문에 형태에 맞게 Back relief홈의 가공이 필요하다. 따라서 본 시스템에서는 09 형번 이상의 제품 사이즈에 한하여 Back relief의 평면도 형태를 원형에서 제품형상에 맞게 변경하도록 하였고 코어의 형상과 케이스의 떨어진 거리 값을 임의로 설정 가능하게 하였다. Fig. 8은 변경전과 변경 후의 접촉부의 면적을 나타낸다.

또한 Square, Rectangle, Hexagon의 각 모서리에 대한 라운드 값을 임의로 변경이 가능하게 하였다. 이는 기존 전문가의 경험과 지식에 의해 사용되는 라운드 값이 아닌 다른 값을 요구하는 경우에 사용되며 이로써 각각의 형태에 따른 일반적인 도면 생성이 가능하게 하였다.

### 2.6 도면 출력 기능

제품에 대한 형상과 일반적인 치수 입력을 통하여 제품에 대한 형변과 사이즈를 자동으로 입력받게 되고 이를 바탕으로 도면을 출력하게 된다. 하지만 제품의 크기가 일정하지

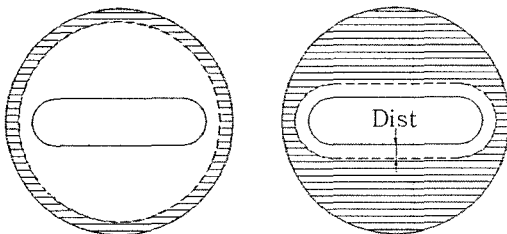


Fig. 8 Contact area

않아 치수 표현이나 테두리 설정에 대하여 별도의 과정이 필요하다. 따라서 데이터베이스로부터 받은 형상에 대한 전체적인 크기를 바탕으로 전반적인 제품의 형태를 계산하게 되며 계산된 값에 기초하여 테두리 형태의 크기변화가 필요하다. 본 프로그램에서는 차후에 프로그램이 확장될 경우를 고려하여 기본 양식을 불러오는 방식을 채택하였고 확장된 형태의 양식에 대해서는 차후 쉽게 적용이 가능하다. 또한 대화상자를 통하여 도명, 품명, 척도, 작업일자, 재료의 형상 등을 선택하거나 입력하여 자동으로 도면에 표현하게 하였고 Fig. 9에 나타내었다.

### 2.7 각종 메시지, 도움말 출력 기능

본 시스템에서는 사용자와 대화하면서 작업을 진행하기 위하여 작업 중간 중간에 텍스트나 메시지 창을 이용하여 작업정보를 보여주게 된다. 또한 도움말 파일을 제공하여 누구나 쉽게 시스템에 접근하고 다룰 수 있도록 하였다. 이러한 메시지 창을 통하여 사용자가 어떤 과정에 있는지, 어떠한 에러 때문에 작업이 중단되었는지 쉽게 알 수 있으며 별도의 교육이 없이도 프로그램 사용이 가능하다.

## 3. 프로그램 개발

### 3.1 프로그램의 시작 및 환경설정

본 시스템은 AutoCAD의 3rd Party 프로그램으로 개발되었으며, 구동하기 위해서는 사전에 환경설정이 필요하다. 환경설정을 통하여 환경변수를 지정하는데 기존에 AutoCAD

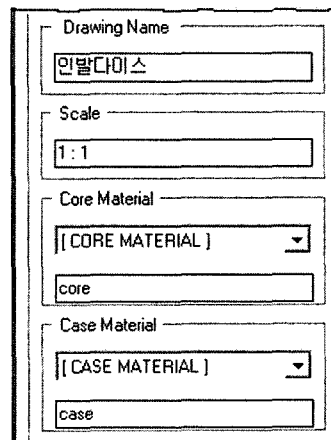


Fig. 9 Input drawing table

가 사용하는 기본 환경변수를 바탕으로 새로이 도면의 테두리 양식을 불러올 디렉터리의 경로를 추가하여 작업시 특정 파일의 검색을 통하여 쉽게 사용할 수 있다.

프로그램에 의한 전체 설계과정은 크게 3가지로 나뉘며 그 각각에 대한 대화상자가 마련되어 있다. 초기 프로그램의 시작 시 제품 형상의 선택과 형상에 관련된 기본 치수를 받아들이는 과정이 나타나며 필요에 따라서 세부적인 설정이 가능한 옵션 버튼이 있다.

Fig. 10은 프로그램 시작 시 초기화면을 나타낸다. 전체적으로 좌측에는 제품과 관련한 형상과 필요한 치수들을 표현하였고 우측에는 제품의 선택, 데이터 입력, 데이터베이스 검색형상, 세부 옵션선택 버튼으로 구성되어 있다.

### 3.2 프로그램의 세부설정

도면의 시작인 도명과 척도, 재료형상의 선택이 가능하고 4각 형상이나 6각 형상 등의 세부적인 설정을 통하여 다양한 사이즈에 대한 대처가 용의하며 또한 특수한 형태에 대한 사용자 정의방식의 옵션을 두어 사용자 정의의 제품 크기 설정이 가능하며 Fig. 11은 도면 생성과 관련한 세부적인 옵션을 나타낸다.

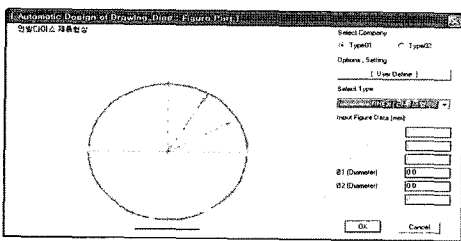


Fig. 10 Form of starting process menu

### 3.3 형상의 단면치수 결정

Fig. 12는 도면생성의 단면과 관련한 입력을 받아들이는 부분으로 Mous radius와 Approach angle, Bearing land, Back relief 지름, 억지끼워 박음량에 대한 입력이 가능한 대화상자가 나타난다.

파라미터의 입력이 끝나고 다음단계로 넘어가면 Fig.10에서 Fig.12를 통하여 얻은 파라미터 값을 기본으로 도면생성에 들어가게 되며 이전의 파라미터 값을 변경하기 위한 'Back' 버튼을 갖추어 작업 중 이전단계로의 복귀가 가능하여 작업자 실수에 대한 대처가 용이하게 하였다.

Fig. 13은 Rhex 형상에 대한 도면출력의 한 예를 보여주고 있다. 정면도, 평면도로 제품 형상을 표현 하였으며 각부 치수는 알맞은 크기로 자동 기입되어 출력되며 지정된 디렉터리에 저장된다. 또한 Fig. 14는 사각 라운드 형상에 대한 도면 창생의 한 예를 나타낸다.

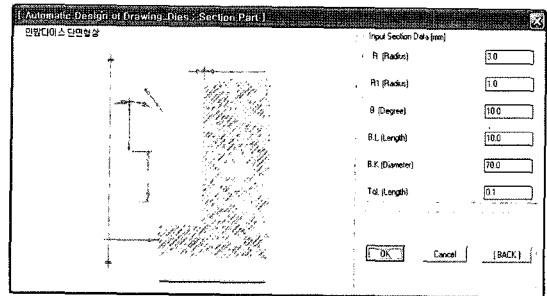


Fig. 12 Form of ending process menu

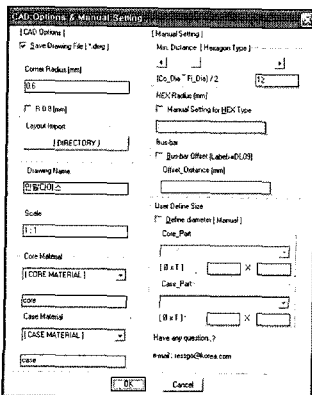


Fig. 11 Form of options & setting

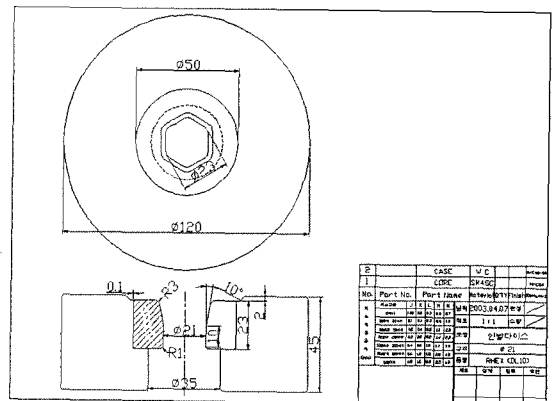


Fig. 13 Drawing output for the drawing die of Rhex type

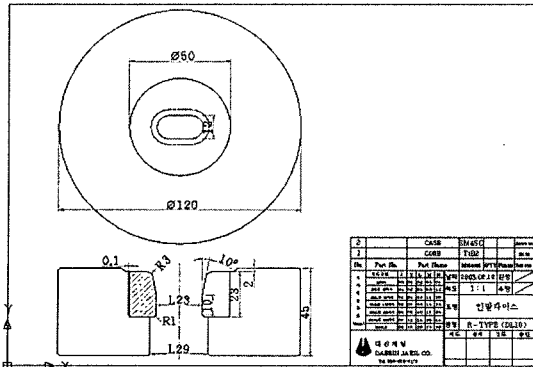


Fig. 14 Drawing output for the drawing die of four corner rectangle type

#### 4. 결론

본 논문에서의 연구내용 및 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 인발금형에 대하여 CAD환경에서 인공 지능어인 LISP어를 이용하여 설계자동화 시스템을 구축하였다.
- (2) 다양한 형상의 제품사이에 따라서 금형형상 데이터를 데이터베이스화하였다.
- (3) 설계도면 및 설계에 요구되는 설계사양을 CAD환경에서 출력할 수 있도록 시스템을 구축하였다.
- (4) 본 연구에서 개발된 시스템을 바탕으로 인발제품 형상에 따른 금형의 가공을 위한 EDM NC 코드의 생성을 통하여 효율적인 CAM 작업에 대한 연구가 필요하다.

#### 참고 문헌

- (1) Kwon, H. H., Yoo, D. J., Lee, J. R., and Lee, W. B., 2003, "A Study on the High Strength Hexagonal Drawing Die," *2003 Spring Proceeding of KSPE*, pp. 1410~1413.
- (2) Lee, B. G., Cho, H. Y., and Kwon, H. H., 2002, "A Study on the Automated Process Planning System for Cold Forging of Non-axisymmetric Parts," *J. of KSPE*, Vol. 19, No. 2, pp. 195~202.
- (3) Kwon, H. H., Cho, D. H., and Park, Y. I., 1999, "Oil Cooler Design Automation on the Cooling of Machine Tool Cutting Oil," *J. of KSMTE*, Vol. 8, No. 1, pp. 42~52.
- (4) Lee, G. W., Ban, J. S., Kim, J. S., and Cho, G. J., 2002, "A Study on the Development of the Gear Design Program using the Auto\_LISP," *J. of KSMTE*, Vol. 11, No. 2, pp. 36~42.
- (5) Cho, H. Y., Kim, G. W., and Choi, J. C., 2002, "Die Design System of the Aluminum Alloy Part," *J. of KSPE*, Vol. 19, No. 3, pp. 131~136.
- (6) Autodesk Inc., 2002, "AutoCAD 2002 Help : Developer Documentation," <http://www.autodesk.com>.
- (7) Kim, C. W., 2002, *Visual LISP for AutoCAD 2000*, Crown Press, Korea.
- (8) Choi, J. W., Cho, H. Y., Choi, J. C., and Cho, C. Y., 1998, "Development of CAD Program for the Forging Die Design of the Gear Parts," *J. of KSPE*, Vol. 15, No. 11, pp. 21~31.