

# 냉간 단조용 전방압출금형의 최적구조 설계에 관한 연구

## A Study on Optimal Design Rule for Forward Extrusion Die

김창훈 · 김시영 · 김종호

C. H. Kim, S. Y. Kim and J. H. Kim

**Key Words** : Automat Design(자동설계), Forward Extrusion die(전방압출 금형), Design Rule(설계규칙)

**Abstract** : Lots of products are made in various working conditions, depending on the size and the shape of them. Usually, at first, the die for new items had been designed on the basis of experience and know-how, and then modified through trial and error. At a die design stage most of drawings have been drawn manually. Recently some forging companies save design time by repeated utilization of standardized parts with registered data base. In this study the automated die design technique for forward extrusion of axisymmetric products is developed. A standardized die system is proposed from the investigation of ones employed frequently in the metal forming field and the design rules for cold extrusion die. A design example of forward extrusion die is given and discussed.

### 1. 서 론

단조가공기술은 자동차, 조선 및 항공우주산업 등의 기간산업에서 중요한 역할을 담당하는 기반 기술로서 그 중요성이 나날이 증가하고 있다. 그러나 단조제품은 형상과 크기가 다양하고, 여러 가지 인자들이 제조과정에 영향을 미치기 때문에 공정과 금형 설계가 쉽지 않다. 더욱이 지금까지는 단조용 금형설계를 위한 이론적인 뒷받침이 부족하여 현장의 경험에 의존한 제품개발형태가 대부분이었다. 따라서 단조제품 개발을 위한 시간과 비용의 손실을 줄이기 위해선 기술의 체계화와 전문화된 지원 시스템의 개발이 필요하다. 즉 단조품 공정설계를 전문가 시스템으로 검증한 뒤 시제품을 제작하게 되면 개발 기간과 비용을 절감할 수 있다. 최근에 이르러 단조금형설계시스템이 일부 개발되어<sup>1,4)</sup> 사용되고 있다. 그러나 아직까지 필요한 금형의 종류별로 체계적으로 정리된 것이 없고, 또한 제품의 형상에 따라 추가적인 자료조사와 기술자문 등 경험에 의해서 설계하고 있는 실정이다.

한편, 단조품들의 표준화가 시도되고 있으나 범

용화의 문제가 있다.

따라서 본 연구에서는 단조품들을 형상에 따라 금형 구조들을 규격화, 표준화하고<sup>5-13)</sup> 프레스 메이커별로 추천하고 있는 다이세트의 규격이나 국내외에서 발표되고 있는 표준사례들을 정리하여 국내 실정에 맞는 대표적 금형구조 표준<sup>6)</sup>을 일차적으로 정하였으며, 이 금형구조 표준을 바탕으로 제품에 따라 내부 금형 부품들을 자동으로 설계해주는 프로그램을 개발하였다.

### 2. 연구 방법

현재 단조용 프레스 금형의 자동설계 프로그램은 중요 성형부(캐비티)의 부품설계만 가능한 단계에 와 있다. 이와 같이 단조용 프레스 금형시스템의 자동설계 프로그램의 개발이 잘 이루어지지 않은 원인은 제품의 형상, 크기에 따른 표준화가 이루어지지 않고 있다는 점과 금형설계 기준이 완벽하지 못한 점을 들 수 있다. 또한 회사별, 프레스 메이커별로 금형 구조가 상이한 데에도 원인이 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 단조품의 분류, 금형 구조의 표준화 및 단조금형의 자동설계 프로그램의 개발 등이 시급한 실정이다.

본 연구에서 개발된 전방압출 금형의 자동설계를 위한 프로그램은 금형을 구성하고 있는 함수형태의 데이터베이스를 각각의 독립된 파일로 정리

접수일 : 1999년 2월 3일

김창훈 : 부경대학교 대학원

김시영 : 부경대학교 제어기계공학과

김종호 : 서울산업대학교 금형설계과

한 후 필요한 부분에서만 적용하도록 되어있다. 또한 홀더류와 같은 표준 금형 부품들에 대해서는 수정이 가능하도록 하였다. 다이 및 펀치 그리고 녹아웃장치 등 제품형상에 따라 달라지는 금형부품들은 금형 설계시 필요할 때마다 불러들여 사용되도록 하였으며, 나머지 부품들에 대해서도 각각의 독립된 파일로 함수형태의 데이터베이스를 작성하여, 금형시스템 설계의 편의성을 도모하였다.

더욱이, 본 연구는 현재 널리 사용되고 있는 Auto CAD<sup>14-17)</sup> 환경 하에서 금형설계 전문가가 아니라도 쉽게 사용할 수 있도록 프로그램화 하였다.

### 3. 압출 금형의 표준화 및 설계기준

현재 국내에서 널리 사용되고 있는 원형의 2차원 축대칭 단조품들을 Fig. 1과 같이 분류하여 본 프로그램에 적용되도록 하였다. Fig. 1에 의하면 전방압출에는 모두 5가지 형태의 제품이 분류되어 있지만 이들은 모두 기본형만을 나타낸 것이고 최대 3단까지 확장하여 적용될 수 있다. 또한 '사용자정의'를 이용하여 등록되지 않은 제품에 대해서도 쉽게 설계할 수 있도록 하였다.

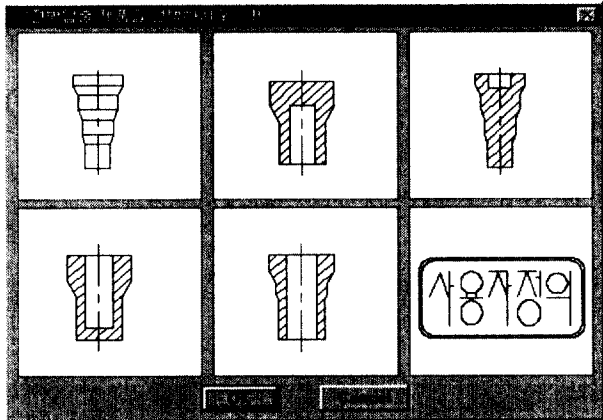


Fig. 1 Dialog box to select registered product

#### 3.1 압출금형의 표준화 방안

지금까지 발표된 국내외의 문헌과 현장자료에 근거하여 냉간 단조금형의 조립 단면도 구조를 살펴보면 대체로 볼트에 의한 체결방식과 링나사(clamp ring)에 의한 체결방식으로 나눌 수 있다. 그러나 각각의 방식을 채택한 금형이라 할지라도 금형 부품들의 형태가 제각기 달라 몰드베이스(mold base)와 같은 규격화를 이루지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 금형의 정밀도 향상, 금형수명의 연장, 금형 조립 분해의 단순화 및 금형의

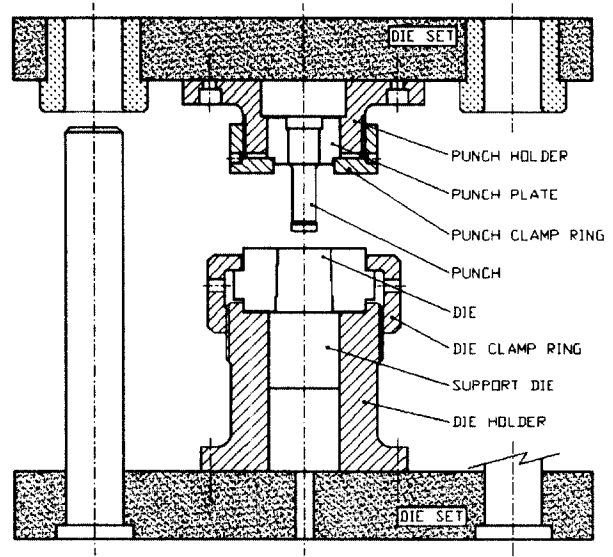


Fig. 2 Standardized die set-up in forward extrusion

설계자동화 등을 위해 Fig. 2와 같은 금형 구조의 표준을 정하였다.<sup>6, 8)</sup>

제품의 형상과 치수를 좌우하는 금형부품들-펀치(punch), 펀치 고정판(punch plate), 다이(die), 보조다이(support die), 녹아웃(knock-out) 장치 등은 제품에 따라 변화될 수 있지만 Fig. 2의 해칭한 부분과 같이 이들을 지지, 고정시켜주는 홀더류 부품들은 크기별로 표준화하여 전방압출 금형에 공통으로 적용되도록 하였다. 이 표준형 부품들은 형상에 따라 크기를 표준화시켜 데이터베이스를 만들고 금형 자동설계에 자동적으로 데이터 검색을 통하여 설계에 응용되도록 하였으며, 데이터베이스에 없는 부품들의 자료는 설계자가 직접 입력하여 사용할 수 있도록 하였다.

#### 3.2 금형의 설계기준

냉간 단조 금형에 관한 설계(design rule)<sup>6, 8)</sup> 자료를 정리하여 살펴보면 Fig. 3에 표시된 것과 같이 금형 각 부품간의 치수 설계에 응용될 수 있다. 이 설계자료는 현재 현장에서 많이 사용되고 있는 기술자료와 금형설계 관련 참고문헌 자료를 토대로 설계기준 자료를 만든 것이며 사용자에게 따라선 추후 수정도 가능하다.

Fig. 3에 나타난 치수설계의 기준은 설계 자료에서 범위로 주어진 것은 중간 값을 취하고, 압력판의 두께 설정은 수압 능력을 고려한 두께 결정방정식에 따라 간략화 하였다. 상형과 하형의 홀더류 부품들은 펀치, 다이 및 보조다이 등의 치수와 강도를 고려하여 설계기준을 작성하였다. 다이와

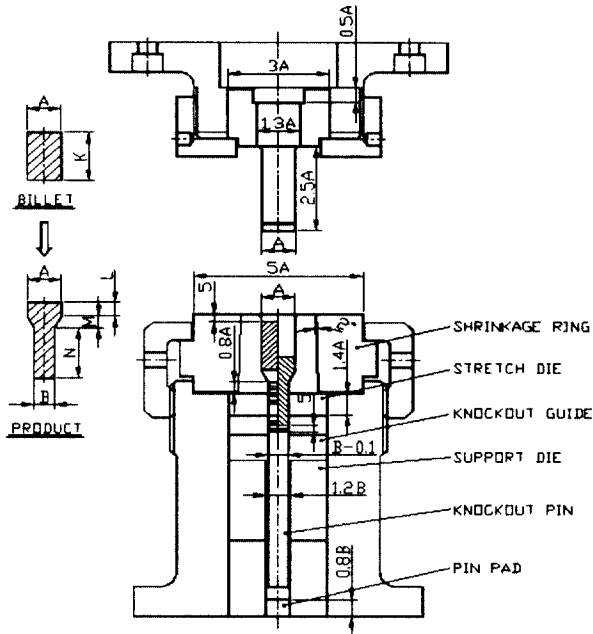


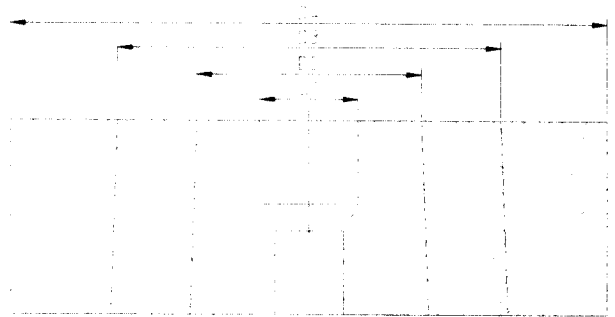
Fig. 3 Design rule of forward extrusion

펀치는 설계기준에서 정한 치수대로 화면상에 그려지도록 하였으며 계산된 치수보다 항상 크거나 같은 치수를 갖는다. 소재는 금형 컨테이너에 모두 장입되도록 하였으며, 성형시 펀치가 소재에 닿기 전에 먼저 다이에 가이드 되도록 소재와 다이 윗면과의 간격을 5mm 정도 두었다. 다이의 성형랜드부와 교정랜드부는 분할하여 가공의 용이성과 수압능력의 증대를 고려하였고 압출길이 길어질 경우 교정다이 수를 늘려 설계하도록 하였다. 보조다이는 2개로 나뉘어 그려지도록 하였으며 높이는 다이홀더의 내부 높이에서 교정다이와 녹아웃가이드 높이를 뺀 나머지 부분으로 하였다. 녹아웃 패드의 높이는 제품 압출부 직경의 0.8배로 하여 녹아웃시 제품과 다이 벽면과의 마찰력에 의한 녹아웃 장치의 파손을 방지하도록 하였으며 20mm를 넘지 않도록 제한하였다.

### 3.3 보강링 설계 및 다이 분할

냉간 압출에 있어서 압출 하중은 상당히 크게 작용하기 때문에 장착되는 다이링의 수를 1개로 설계하면 강도 부족으로 인한 다이의 파손이 우려된다. 따라서 다이 내부에 예압(prestress)을 작용시켜 높은 압력에 견딜 수 있도록 보강링 설계 및 다이 분할을 할 필요가 있다.

압출 하중을 기준으로 금형내의 압력을 계산하고 이 압력크기에 따라 보강링의 수가 자동 결정되고, 다이와 보강링의 재질에 따라 다이의 항복응력(공구강 기준) 또는 인장응력(초경다이 기준)을



내압 kg/mm <sup>2</sup>	링의 개수	직경비	유효 중간값 Dn
100까지	x	4~5(D2/D1)	D1 : D2 : D3 : D4
100~160	1	4~6(D3/D1)	≈ 1 : 1.6 ~ 1.8
160~200	2	4~6(D4/D1)	: 2.5 ~ 3.2 : 4~6

Fig. 4 General design rule of shrinkage ring

기준으로 보강링 설계를 하도록 하였다.

보강링 설계 결과는 다이인서트 및 1, 2차 보강링의 치수 및 재질, 간섭량, 열박음 온도 등을 제시하여 주며, 사용자가 내압이나 안전률, 각 링의 치수 등을 수정할 수 있도록 하였다.<sup>3,18,19)</sup> 다이 분할은 가로분할과 세로분할로 분류하여 선택적으로 설계되도록 하였다.<sup>6,8)</sup> 분할형은 제품 성형시 특히 응력을 많이 받는 코너부를 중심으로 분할을 하였으며 가로분할시 보강링 또한 다이의 분할선에 맞춰서 함께 분할되도록 하였다.

## 4. 프로그램의 구성 및 적용

본 프로그램은 Fig. 5에 나타난 바와 같은 구조를 가지고 있다. 등록제품을 선택하는 경우는 선택된 제품에 대해 치수입력과 보강링 설계, 그리고 다이분할 방식의 결정으로 도면을 출력할 수 있고, 사용자정의의 이용하는 경우는 펀치나 다이에 의해 성형되는 부분의 치수를 입력하고 또한 펀치의 형태도 결정해야 한다. 그리고 보강링 설계와 다이 분할방식을 결정하면 도면을 출력할 수 있다. 이때 외부 데이터를 사용하게 되는데 홀더류와 같은 부품들은 하형이 설계될 때 다이홀더와 다이클램프링의 데이터가 적용되고 상형이 설계될 때 펀치홀더와 펀치클램프링의 데이터가 자동으로 적절한 치수를 찾아 적용된다.

본 프로그램은 PC에서 작동이 가능하며 구성 언어로는 1960년경에 MIT에서 만든 LISP(List Processing) 언어의 일종인 AutoLISP을 사용하였

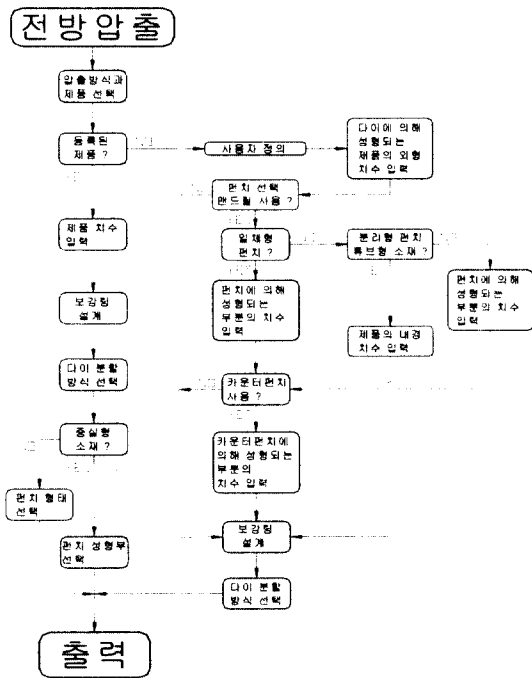


Fig. 5 Structured diagram of the program

다. 홀더류와 같은 외부 데이터는 ASCII파일로 만들어 사용자가 추가 또는 삭제할 수 있도록 하였다. 본 프로그램은 저가형의 범용 CAD프로그램인 AutoCAD를 사용하였다. 이로써 프로그램 실행 후 사용자가 임의로 도면을 수정하거나 편집할 수 있다. 사용자는 대화상자들을 이용하여 순차적으로 금형설계를 할 수 있다. Fig. 1은 압출 제품을 선택하도록 하는 대화상자로서 등록된 제품 및 사용자 정의를 이용하여 임의의 형상의 제품도 설계할 수 있다. Fig. 6은 Fig. 1에서 선택된 제품의 치수를 입력받기 위한 치수입력 대화상자이다. 이밖에도 다이나 펀치를 선택할 수 있는 대화상자와 사용자 정의의 세부적인 설계에 필요한 대화상자 등이 있어 전문적인 지식이 없는 사용자라 할지라도 쉽게 금형을 설계할 수 있도록

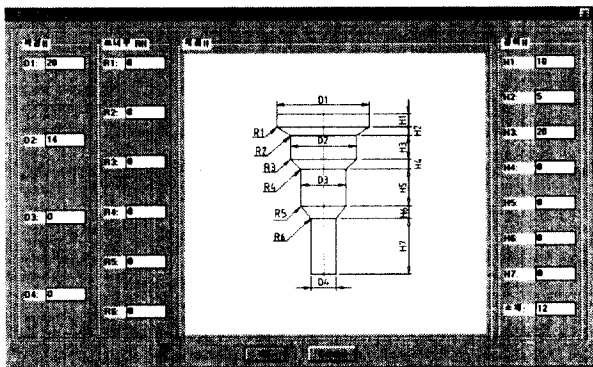


Fig. 6 Data input dialog box

프로그램을 구성하였다.

적용 예로서 자동차 현가장치 부품이 Fig. 6과 같은 형상과 치수를 갖는 경우에 대하여 프로그램을 수행하였다.

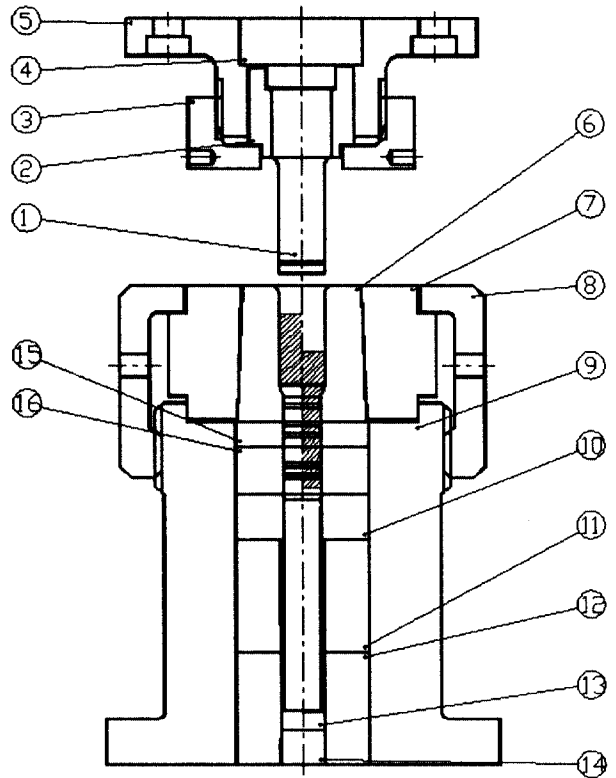


Fig. 7 Cross-sectional view of forward extrusion die

이 축대칭 제품에 대하여 금형이 자동으로 설계되었으며, 그 결과로서 Fig. 7의 조립단면도와 Fig. 8의 부품도를 얻을 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 냉간단조용 전방압출 금형의 자동설계 기술개발을 위하여 현장에서 사용되고 있는 금형을 형태별로 분류해보고, 이로부터 가장 합리적인 금형구조 설계방식을 선정하였다.

이들을 바탕으로 본 연구의 표준 금형 모델로 선정하였다. 표준 금형 모델에서 다이나 펀치 치수에 직접적으로 영향을 받는 부품들을 제외한 홀더류 부품들은 표준화, 규격화하여 데이터베이스를 구성하였다.

이것을 이용하여 자동설계할 때 데이터 검색을 통해 적절한 크기의 치수를 찾아 설계되도록 하였다.

또한 본 연구에서는 기존에 소개된 전방압출 제

참고문헌

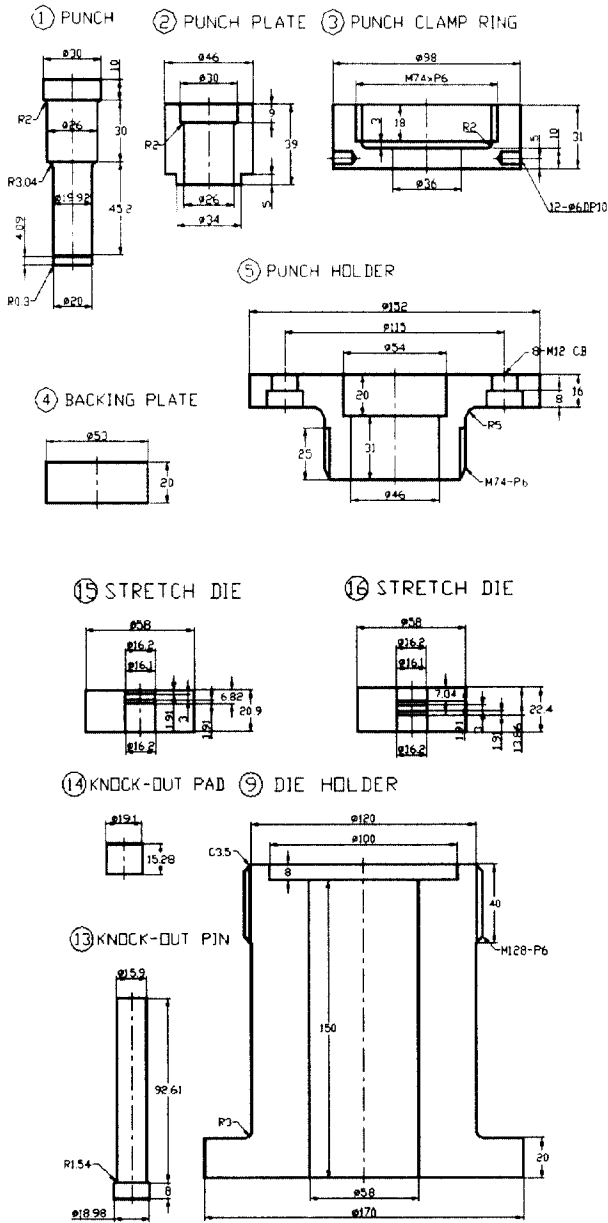


Fig. 8 Components of forward extrusion die

품들을 분석하여 기본적인 형태로 분류하였다. 기본형태 외의 제품들에 대해서는 '사용자정의'를 이용하여 설계자가 일부 치수나 형상을 결정함으로써 자동설계가 이루어지도록 하였다.

PC환경 아래에서 전방압출 금형의 조립단면도와 부품도를 자동으로 출력하는 프로그램을 완성하였다.

예제로서 임의 치수를 갖는 제품에 대한 금형설계를 수행해 본 결과에 의하면 실제금형시스템과 비교하여 잘 일치하므로 본 연구의 금형설계 프로그램의 유효성을 확인하였다.

1. 남광우, "컴퓨터를 이용한 냉간단조 공정설계 금형설계 자동화에 관한 연구", 부산대학교 석사학위 논문, 1988
2. 최종윤, "퍼스널 컴퓨터를 이용한 다단 냉간단조 공정설계 자동화에 관한 연구", 부산대학교 석사학위 논문, 1989
3. 김형섭, "컴퓨터를 이용한 냉간단조 공정설계 및 금형설계의 자동화시스템에 관한 연구", 부산대학교 박사학위 논문, 1990
4. 이연호, "냉간단조 공정설계 및 금형설계의 자동화시스템에 관한 연구", 부산대학교 박사학위 논문, 1995
5. "냉간단조의 기초", 월간 프레스·몰드, 기술정보사, pp. 102~119, pp. 135~170, 1993
6. "冷間鍛造への入門", アイダエンジニアリン 株式会社, 1992, 5
7. "단조금형의 자동설계 기술개발에 관한 연구", 통상산업부 중간보고서, 1997
8. "Practice of cold forging", Komatsu Co., 1979
9. "단조프레스의 자동화", 월간 프레스·몰드, 기술정보사, pp. 93~102, 1991, 12
10. "최신단조기술", 월간 프레스·몰드, 기술정보사, pp. 102~106, 1993, 10
11. "최신 정밀 냉·온간 단조기술을 탐구한다", 월간 프레스·몰드, 기술정보사, pp. 58~79, 1991, 9
12. 이봉훈, "단조기술 I. II", 단조기술 연구소, 세화, 1991
13. 김박윤, "압축가공금형", 대광서림, 1997
14. "AutoCAD Release 13 사용자 매뉴얼", Autodesk사, 1994
15. 이한규, "AutoLISP 완벽 가이드", 영진출판사, 1997, 11
16. 구분훈, "AutoCAD에서의 DCL 활용", 성안당, 1997, 5
17. 이현준, "알기쉬운 AutoLISP", 정보문화사, 1997, 8
18. Howard H. Kuhn, "Optimum Die Design for Powder Compaction", American Powder Metallurgy Institute, Vol. 14, No. 4, 1978
19. A. P. Green, P. R. Lancaster, "Design of a Composite Drawing Die with a Brittle Insert", Int. J. Mech. Sci. Pergamon Press Ltd, Vol. 8, pp. 281~294, 1966