

파인블랭킹 금형의 개념설계 자동화에 관한 연구

곽태수* · 최철현* · 서명규* · 배원병**

A Study on the Development of a Computer Aided Conceptual Die Desing System for Fine Blanking

T. S. Kwak, C. H. Choi, M. G. Seo and W. B. Bae

Abstract

This paper describes a research work of developing system for conceptual die design system for Fine blanking. The method of approaching to the system is based on the knowledge-based rules. Knowledge for the system is formulated from experimental results and the empirical knowledge of field experts. This system has been written in VisualLISP on the AutoCAD using a personal computer and in Microsoft Visual Basic ver.6.0. Transference of data is accomplished by DXF (Drawing Exchange Format) method. This system consists of six modules, which are cognition of a drawing, cognition of shear length, calculation of shear force, materials properties database, determination of degree of difficulty of the product, determination of approximate life of punch and die modules. Results carried out in each module will provide efficiency to the designer and the manufacturer of die for Fine blanking. But the main focus of this system is the design of die for Fine blanking in the level of general concept. In order to use powerful tool in this field, developed system will be studied continuously.

Key Words : Fine Blanking, Conceptual Design, Knowledge-Based Rules, Pawl

1. 서 론

오늘날 산업의 발달과 컴퓨터의 향상과 보급이 널리 퍼지면서 특히 금형산업은 다품종 소량생산, 생산성 향상, 생산비용 절감, 부품의 정밀도 향상과 전문 인력의 부족에 대처하기 위해서 CAD/CAM/CAE 및 CNC 공작 기계 등을 이용한 자동화된 생산방식인 통합생산 시스템(CIMS)의 구현을 위한 방향으로 나아가고 있다. 또한 산업현장에서의 공정설계와 금형설계는 과거의 축적된

기술과 경험에 크게 의존되어 왔으나, 최근에는 최적의 성형순서를 선택하고, 각 공정에 대한 적절한 공정변수 및 금형변수 등을 결정하기 위하여 컴퓨터에 의한 자동화 시스템은 필수적이다. 이러한 필요성에 의해서 여러 공정에 대한 자동화 연구가 진행되어 오고 있다.

파인 블랭킹은 정밀기계 및 자동차 산업에 있어서 정밀제품을 생산하는데 중요한 부분을 차지하고 있다. 그러나 파인 블랭킹 제품을 생산하기 위해서는 전용 프레스가 필요하고 정밀 금형을 제작해야 하는 부담 때문

* 부산대학교 대학원 정밀기계공학과
** 부산대학교 기계공학부/기계기술연구소

에 일반 블랭킹과는 구별되어 있는 실정이다. 따라서 숙련된 기술자는 제한되어 있고 구하기도 쉽지 않다. 또한 파인 블랭킹 금형설계 역시 대부분 숙련된 기술자의 경험에 기초한 설계지침들과 직관적 판단으로 수행되어 짐으로서 시행착오와 지루하고 반복된 작업으로 설계에 많은 시간이 소요되고 있다. 그리하여 이러한 문제점을 극복하기 위해서는 대부분 경험에 바탕을 둔 정성적인 지침들로 이루어진 설계규칙들을 정량화하여 자동화된 파인 블랭킹 금형설계 시스템의 개발에 대한 필요성이 증대되고 있다.

본 연구의 목적은 파인 블랭킹 금형설계의 전문가 시스템을 구현하기 위하여 선행적으로 필요한 개념설계의 자동화에 초점을 두었다. 금형의 구조 설계 전 단계에서 필요한 개념설계 부분의 자동화로 인해 설계시간의 단축으로 인한 비용절감 및 기본교육을 통해 초보자라도 전문가의 능력을 발휘할 수 있게 하고 설계작업의 불량률 감소의 효과를 볼 수가 있으며 모듈화 기법을 사용하여 향후 새로운 모듈의 추가로 확장성을 가지도록 하였다. 그리고 제품의 형상 및 소재의 인장강도에 의해 난이도를 분류하고 파인 블랭킹에 적합한 제품인지를 확인하여 금형의 보증수명을 예측할 수 있도록 하여 산업현장에서의 실용성을 높이고자 한다

2. 시스템의 구성과 작동원리

2.1 시스템의 구성

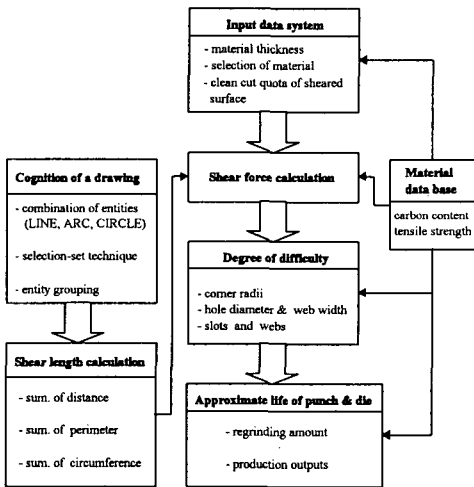


Fig. 1 Block diagram for the system of modular structure

임의형상 인식 프로그램은 VisualLisp으로 작성하고

전단력 계산과 난이도 결정은 Visual Basic으로 작성하였다. 시스템 구성에 관한 블록 다이어그램을 Fig. 1에 나타내었다.

2.1 시스템의 작동원리

먼저 제품도면을 Visual Basic으로 구현한 메인 프로그램에서 OLE (Object-Linked-Embedded) 기법으로 인식하고 불러 들여진 도면은 다시 wmf(windows meta file) 파일로 저장되어 AutoCAD를 종료하고 나서도 메인 프로그램에서 사용할 수가 있게 된다. 불러온 제품도면을 마우스로 전단 부분을 클릭하면 선택집합(selection-set)으로 그룹화 하여 하나씩 엔터티를 분석해나간다. 선택집합 그룹에는 선택된 도면요소중 치수선과 치수부조선, 중심선과 같이 제품과 상관없는 엔터티들은 제외하고 실제 제품을 구성하고 있는 엔터티들의 이름으로 구성된 리스트들이 만들어진다. VisualLISP 을 사용하여 순차적으로 선택집합 내에 있는 엔터티들의 DXF 정보 그룹들을 추출한다. 추출된 엔터티들이 선, 원, 호 인지 판단한 후에 각각의 엔터티 별로 길이를 계산하고 합산해 나간다. 계산된 형상정보와 전단길이는 데이터 파일인 텍스트 파일 형식으로 메인 프로그램으로 전달된다. 도면인식을 마치고 AutoCAD를 종료하면 메인 프로그램 상에서 나머지 작업이 순차적으로 이루어진다. 소재두께를 입력하고 소재종류를 선택하는데 소재 데이터 베이스에 없는 소재는 사용자 정의 소재 입력 버튼을 클릭하여 입력한다. 그리하면 전단력이 계산되고 난이도 결정 모듈에서 제품의 기하학적 난이도를 코너 반경, 구멍의 직경과 웹 폭, 슬롯과 웹을 고려하여 결정하고 소재 인장강도를 이용하여 최종 난이도를 결정하게 된다.

3. 시스템의 설계규칙과 데이터 베이스

3.1 일반규칙

규칙 1) 메인 프로그램은 Visual Basic 6.0으로 설계하고 도면인식 부분은 VisualLISP을 사용하여 프로그래밍한다.

규칙 2) 두 프로그램의 연결은 Visual Basic의 OLE 기능을 사용하고 파일 입,출력을 통해 데이터를 교환한다.

규칙 3) 본 연구의 개념설계는 파인 블랭킹 금형의 두 가지 형식인 이동식 펀치와 고정식 펀치에 모두 적용된다.

3.2 도면인식(임의의 형상 인식)모듈

규칙 1) 도면은 선, 호, 원과 같은 엔터티들의 조합으로 인식한다.

규칙 2) 인식 가능한 엔터티 개수의 상한선은 없다.

규칙 3) 엔터티 리스트의 첫 번째 항목인 그룹코드번호로 종류별 엔터티 정보를 고유하게 인식하고 두 번째 항목인 엔터티 그룹 코드별 상세 정의를 이용해 사용자가 실제 인식할 수 있는 정보를 추출한다.

규칙 4) 엔터티 리스트를 조작하기 위해서 엔터티별 DXF 그룹 코드를 제어 한다.

규칙 5) 실제 제품을 이루고 있는 엔터티 요소들을 선택집합 그룹으로 묶고 인덱스를 부여해서 각각의 엔터티를 참조한다.

3.3 전단길이 계산 모듈

규칙 1) 선 엔터티의 경우 DXF 코드 10번 Sp와 11번 Ep를 가지고 길이를 구하는데 계산식은 아래와 같다.

$$d_1 = \sqrt{(x_{Ep} - x_{Sp})^2 + (y_{Ep} - y_{Sp})^2} \quad (1)$$

여기서,

x_{Ep}, y_{Ep} : 끝점의 x, y 좌표

x_{Sp}, y_{Sp} : 시작점의 x, y 좌표

규칙 2) 호 엔터티의 경우 DXF 코드 40번 R과 50번 AngSp, 51번 AngEp를 이용하여 호의 길이를 구하는데 계산식은 아래와 같다.

$$d_2 = R \times \theta \quad (2)$$

여기서,

AngEp > AngSp 이면 $\theta = \text{AngEp} - \text{AngSp}$ 이면

AngEp < AngSp 이면 $\theta = \text{AngEp} - \text{AngSp} + 2\pi$ 의 단위는 radian

규칙 3) 원 엔터티의 경우 DXF 코드 40번 R을 이용하여 원주길이를 구하는 계산식은 아래와 같다.

$$d_3 = 2\pi R \quad (3)$$

규칙 4) d_1, d_2, d_3 의 복수개의 조합 이루어진 제품의 전단길이를 구하는 식은 아래와 같고 데이터 파일로 주 프로그램의 전단력 계산 모듈로 전달된다.

$$l_{shear} = \sum_{k=0}^l (d_1)_k + \sum_{k=0}^m (d_2)_k + \sum_{k=0}^n (d_3)_k \quad (4)$$

3.4 전단력 계산 모듈

규칙 1) 파인 블랭킹 관련 하중은 전단력, V-ring 돌기력, 카운터력, 스트리핑력, 이젝터력이다.

규칙 2) 파인 블랭킹을 하기 전에 소재는 V-ring 돌기력에 의해 다이 플레이트에 고정된다.

규칙 3) 카운터력은 전단면 내측으로 메인 펀치에 대해 소재를 고정한다.

규칙 4) 전단이 완료되고 나면 V-ring 돌기력과 카운터력은 제거된다.

규칙 5) 금형이 열리고 나면 V-ring 돌기력은 펀치로부터 소재를 벗겨내고 펀치에서 내부형상 슬러그를 배출하는 스트리핑력으로 작용한다.

규칙 6) 금형이 열리고 나면 카운터력은 다이 플레이트로부터 제품을 배출하는 역할을 하는 이젝터력으로 작용한다.

규칙 7) 전단력은 전단길이와 소재두께, 소재의 인장강도에 영향을 받는다.

규칙 8) 전단력은 아래식으로 결정한다.

$$F_{shearforce} = l_{shear} \times t \times Ts \times c_1 \quad (5)$$

여기서, l_{shear} : 전단길이 [mm]

t : 소재두께 [mm]

Ts : [N/mm²] 인장강도

c_1 : 보정계수

규칙 9) 보정계수 c_1 은 항복강도와 인장강도의 비에 의해 결정되는데 보통 0.6~0.9사이의 값을 취하지만 파인 블랭킹 금형에서는 일반적으로 0.9를 사용한다.

3.5 피가공재 물성치 데이터 베이스

규칙 1) 피가공재의 물성치는 인장강도와 탄소함유율을 고려한다.

규칙 2) 강은 높은 탄성과 낮은 항복점을 가져야 한다.

규칙 3) 피가공재는 탄소 함유량이 낮을수록 파인 블랭킹에 유리하다.

규칙 4) 탄소함유량이 0.35% 이하이고, 인장강도가 289.6~572.3 [N/mm²]인 강은 제품과 금형 수명 측면에서 최적의 조건을 가진다.

규칙 5) 탄소함유량이 약 0.7% 미만의 순수탄소강은 일반적으로 파인 블랭킹 가공에 적합하다.

규칙 6) 불림(Normalizing) 처리만 되어 있고 별도의 열처리가 되지 않은 피가공재는 거의 사용하지 않는다.

규칙 7) 최소 63%의 구리를 갖고, 납이 첨가되지 않은 동합금은 파인 블랭킹이 가능하다. 아연의 함유량은

37%가 넘지 않도록 한다.

규칙 8) 인장강도가 $241[N/mm^2]$ 을 초과하지 않는 알루미늄 합금은 만족하게 파인 블랭킹을 할 수 있다.

규칙 9) SS(일반구조용압연강재), SNC(니켈크롬강강재), SNCM(니켈크롬몰리브덴강 강재), SSC(일반구조용경량형강), 스테인리스강 위생강, 일반 배관용 스테인리스강강관, SC(기계구조용탄소강)에 대한 데이터 베이스가 프로그램에 내장되어 있다.

규칙 10) 데이터 베이스에 없는 소재나 새로운 소재는 사용자가 등록하여 사용한다.

3.6 제품난이도 결정 모듈

규칙 1) 파인 블랭킹 적합성 판단을 위한 난이도 분류는 기하학적 형상과 인장강도, 두 가지 판단기준을 적용하여 분류한다.

규칙 2) 난이도는 쉬움, 보통, 어려움, 부적합으로 구분하는데 금형수명파 파인 블랭킹 용이성 모두를 판단한다. 파인 블랭킹 부적합 판정이 나면 소재를 다시 선택하거나 형상을 재 설계하는 과정을 거치게 된다.

규칙 3) 기하학적 형상은 코너 반경, 구멍 직경과 웨브의 폭, 슬롯과 웨브에 대해 각각 판단하며 제품의 난이도가 가장 높은 형상을 가진 부분이 그 제품의 난이도를 결정한다.

규칙 4) 구멍 직경과 웨브 폭에서 판단하는 변수는 직경 d , 웨브폭 a , 피가공재 두께 t 이다.

규칙 5) 제품도상의 d , a 의 최소값을 선택하고 난이도 결정에 더욱 큰 영향을 미치는 변수를 찾기 위해 다음 관계식을 적용한다.

$$d_{\min} = 0.6t \quad (7)$$

$$a_{\min} = 0.5t \quad (8)$$

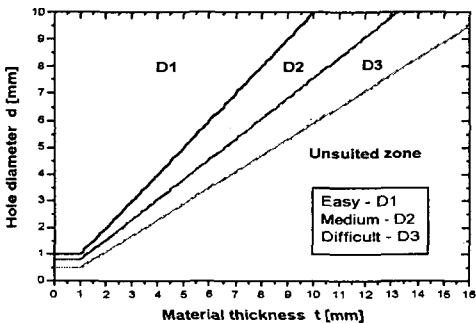


Fig. 2 Variation of the degree of geometrical difficulty according to d_{\min}

규칙 6) 제품도상의 d , a 의 최소값과 규칙 5)에서 구한 d_{\min} 과 a_{\min} 의 차의 절대값 즉, $\Delta d = |(d - d_{\min})|$ 과 $\Delta a = |(a - a_{\min})|$ 를 구한다.

규칙 7) $\Delta d > \Delta a$ 면 난이도 결정치수는 a 다.

규칙 8) $\Delta d < \Delta a$ 면 난이도 결정치수는 d 다.

난이도 결정치수가 d 일 경우에 난이도 판정기준을 Fig. 2에 나타내었다.

규칙 9) 슬롯과 웨브에서 판단하는 변수는 슬롯폭 x , 웨브폭 y 이다

규칙 10) 제품도상의 x , y 의 최소값을 선택하고 난이도 결정에 더욱 영향을 미치는 변수를 찾기 위해 다음 관계식을 적용한다.

$$x_{\min} = 0.6t \quad (9)$$

$$y_{\min} = 0.6t \quad (10)$$

규칙 11) 제품도상의 x , y 의 최소값과 규칙 10)에서 구한 x_{\min} 과 y_{\min} 의 차의 절대값 즉, $\Delta x = |(x - x_{\min})|$ 과 $\Delta y = |(y - y_{\min})|$ 를 구한다.

규칙 12) $\Delta x > \Delta y$ 면 난이도 결정치수는 y 다.

규칙 13) $\Delta x < \Delta y$ 면 난이도 결정치수는 x 다.

규칙 14) 기하학적 난이도를 판단하여 나온 결과가 쉬움이고 소재 인장강도가 $700[N/mm^2]$ 미만이면 그대로 판정하고 $700[N/mm^2]$ 이상이면 파인 블랭킹 부적합으로 판정한다.

규칙 15) 기하학적 난이도를 판단하여 나온 결과가 보통이고 소재 인장강도가 $530[N/mm^2]$ 미만이면 그대로 판정하고 $530[N/mm^2]$ 이상이면 파인 블랭킹 부적합으로 판정한다.

규칙 16) 기하학적 난이도를 판단하여 나온 결과가 어

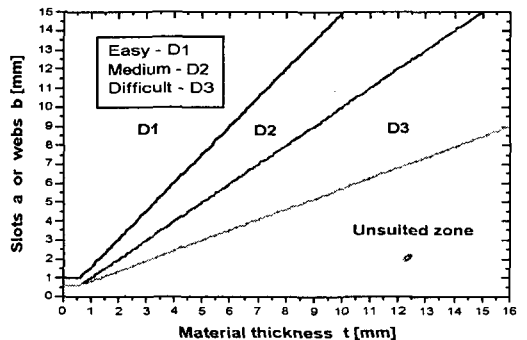


Fig. 3 Variation of the degree of geometrical difficulty according to slots and web

려움이고 소재인장강도가 $430[N/mm^2]$ 미만이면 그대로 판정하고 $430[N/mm^2]$ 이상이면 파인 블랭킹 부적합으로 판정한다.

슬롯과 웨브 폭에 대한 난이도 판정기준을 Fig. 3에 나타내었다.

4. 시스템의 적용 및 고찰

본 연구에서 개발된 시스템의 적용을 위해 자동차 안전 벨트부에 들어가는 Pawl이라는 모델을 사용하여 적용한 결과를 고찰 하였는데 이 제품은 자동차 안전 벨트를 풀어주고 죄여주는 장치에 사용되는 파인 블랭킹 전용 제품인데 소재두께는 4.5mm, S45C의 재질을 가진다.

4.1 도면인식, 전단길이 계산 모듈에 적용

사용자가 실행화일 (FBEXE)을 클릭하여 메인 프로그램을 실행시키고 메뉴에서 도면인식 및 전단력 계산 버튼을 클릭하면 Fig. 4의 창이 나타난다. 여기서 도면인식 OLE 아이콘을 클릭하면 AutoCAD로 작성된 제품도면이 나타나고 Visual Lisp을 실행해서 제품형상을 인식시킨다.

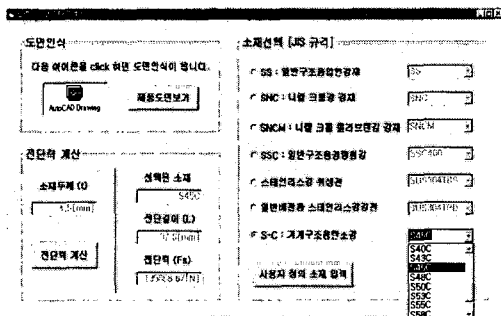


Fig. 4 Cognition of a drawing and shear force calculation form

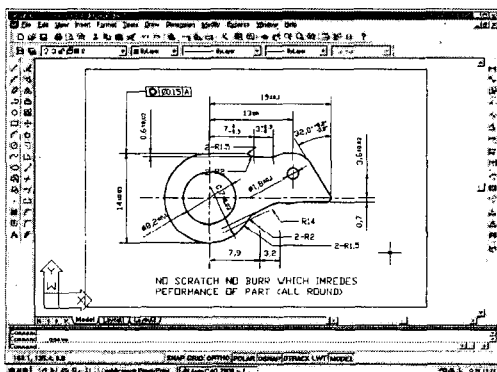


Fig. 5 Configuration of the Pawl in AutoCAD

Fig. 5은 AutoCAD상에서 실행된 Pawl 제품도면을 나타낸다. Fig. 6은 형상인식 후 엔터티 인식결과와 전단길이의 계산결과를 나타낸다. 여기서 각각의 엔터티의 길이와 총 전단길이를 알 수가 있다. Pawl 제품의 경우 25개의 엔터티들로 구성되어 있는데 선 엔터티가 9개, 원 엔터티가 2개, 호 엔터티가 14개로 이루어져 있고 총 전단길이는 99.77 mm이다.

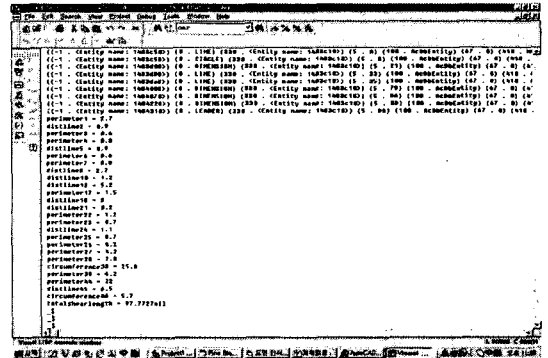


Fig. 6 Executed result of VisualLISP program

4.2 전단력 계산모듈에 적용

AutoCAD를 종료하고 소재 두께 4.5 mm를 입력하고 S45C 소재를 선택해서 전단력 계산 버튼을 클릭하면 전단길이와 전단력 135858.87 [N]을 구할 수 있다. 소재 선택 데이터 베이스에 없는 소재는 사용자 정의 소재 입력 버튼을 click 함으로써 입력할 수 있다.

4.3 제품 난이도 결정 모듈에 적용

Fig. 7은 구멍 직경 과 웨브 폭을 고려한 난이도 계산 결과인데 난이도 고려치수는 a이고 기하학적 난이도는

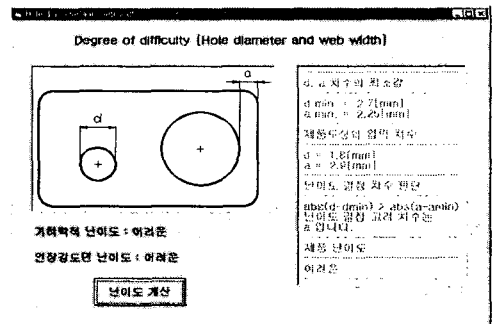


Fig. 7 Calculation of degree of difficulty about hole diameter and web width

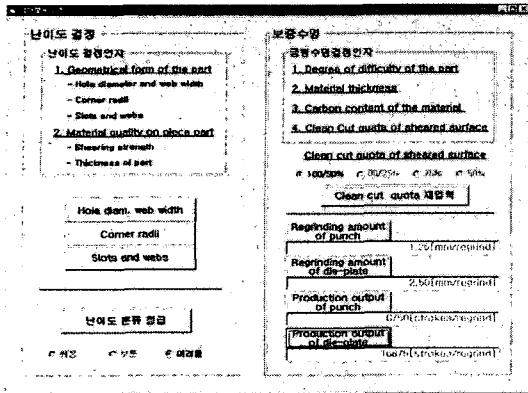


Fig. 8 Final form of Approximate life of piercing punch and die

어려움 이고 인장강도를 함께 고려한 난이도 역시 어려움 임을 보여주고 있다. 이는 피어싱 펀치, 다이 난이도 분류에 사용된다.

난이도 분류를 마치고 난이도 분류 등급 버튼을 클릭 하면 최종 제품 난이도를 결정해서 Fig. 8의 하단의 최종 난이도를 표시하는 선택버튼에 표시된다.

4. 결론

본 연구에서는 파인 블랭킹 금형의 개념설계 부분의 자동화를 위한 프로그램을 개발하였고 이를 실제 파인 블랭킹 부품인 Pawl에 적용시켜 보았는데 개발된 시스템의 장점은 다음과 같다.

- (1) 임의형상 인식 및 전단길이 인식 모듈에서는 어떠한 형상의 제품이라도 그 구성 엔터티 개수에 제한이 없이 임의형상의 제품 도면을 자동 인식하여 각각의 엔터티 정보를 추출하고 전단길이를 계산할 수 있다.
- (2) 전단력 계산 모듈에서는 파인 블랭킹 가공력을 계산하여 파인 블랭킹 프레스의 용량설계에 기초가 되는 데이터를 얻을 수 있다.
- (3) 피가공재 물성치 데이터 베이스에서는 기본적인 프레스 가공용 소재들을 데이터 베이스로 구성하였다.
- (4) 제품 난이도 결정 모듈에서는 제품의 기하학적 난이도와 인장강도 면의 난이도를 함께 고려하여 파인 블랭킹 적합성 여부를 판단할 수 있다.

파인 블랭킹 금형설계에 있어서 기본이 되는 형상인식, 전단력 계산과 난이도 분류 같은 개념설계 부분을 자동화하여 경험이 없는 설계자라도 기본 교육만으로 전문가의 능력을 발휘할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

- (1) G. Schaffer, 1971, "Computer design of progressive dies", Am. Mach. Vol.22, pp. 73~75.
- (2) B. Fogg and Jaimeson, 1975, "The influencing factors in optimizing press tool die layouts and a solution using computer aids", CIRP Annals, Vol. 24, pp. 429~434.
- (3) Suresh K. Sitaraman, Gray L. Kinzel and Taylan Altan.1991, "A Knowledge-based system for process-sequence design in axisymmetric sheet-metal forming." Journal of Materials Processing Technology, Vol.25, pp. 247~271.
- (4) H.K. Kim. and T. Altan, 1992, "Computer-Aided Part and Processing-Sequence Design in Cold Forging", Journal of Materials Processing Technology, Vol.33, pp. 57~74.
- (5) 오준환, 이재원, 조성진, 남배중, 양재우, 1988, Deep Drawing의 후가공 특정형상 공정설계 및 전문가시스템 개발에 관한 연구, 한국정밀공학회지, 제15권, 제11호, pp. 46~57.
- (6) 최재찬, 김병민, 김철, 김재훈, 김창봉, 1999, 반도체 리드 프레임의 금형설계 자동화 시스템 개발에 관한 연구, 한국정밀공학회지, 제16권, 제6호, pp. 123~132.
- (7) 김윤주, 박태수, 배원병, 2000, 파인 블랭킹 공정에서 전단면에 미치는 V형 돌기의 영향에 관한 연구, 한국정밀공학회지, 제17권, 제9호, pp. 102~108.
- (8) 조용식, 1995, 프레스 금형설계기술, 기전연구소, 서울.
- (9) 이승희, 한운희, 김세환, 1992, 금형설계 자료집, 대광서림, 서울.
- (10) 유병열 編譯, 1999, 파인블랭킹금형, 성안당.
- (11) GTZ 금형기술연수 자료집, 부제: 파인 블랭킹 금형설계 세미나, 생산기술연구원, 1991.