韓國精密工學會 '97年度 秋季學術大會論文集 pp.214~218

불규칙형상 박판제품의 프로그래시브 다이설계를 위한 자동화된 CAD시스템

김 재훈*, 김 철**, 최 재찬**, 김 병민**

An automated process planning & die design using expert system for blanking or piercing of irregular shaped sheet metal products

J.H. Kim*, C. Kim** , J.C. Choi** , B.M. Kim**

* 부산대학교 대학원 기계설계공학과

** 부산대학교 기계공학부 ERC for NSDM

ABSTRACT

Much labor, an exceedingly long lead time, and the skills of experienced engineers are required for press tool design. To reduce such problems, several CAD systems for blanking or piercing have been developed. This paper describes a computer-aided design for blanking or piercing of irregularly shaped sheet metal products. An approach to the system is based on knowledge base rules. The process planning & die design system is designed by considering several factors, such as complexity of blank geometry, punch profile, and availability of press equipment and standard parts. Therefore, after checking a production feasibility for irregular shaped sheet metal products, this system which is implemented strip layout module can carry out a process planning and generate the strip layout in graphic forms. Also this system implemented die layout module can carry out a die design for each process which is obtained from the result of an automated process planning and generate parts and assembly drawing of a die set.

Key Words : Blanking & Piercing(블랭킹/피어싱), Knowledge based Rules(지식 베이스 규칙), Process Planning (공정설계), Die Design(금형설계)

1. 서론

최근 기계 및 부품 산업에서 중추적인 역할을 차지하고 있는 금형은 전형적인 다품종 소량 생산 품목으로, 그 제작 비용은 계속적으로 높아지고 있다. 또한 금형의 고정도화 및 납기 단축에 능동적으로 대처하기 위해, 금형의 설계 및 제작에 컴퓨터 기술을 도입해야 할 필요성이 크게 요구된다. 여러종류의 금형중에서도 최근 반도체 산업의 급격한 신장에 따라, 블랭킹용 프로그레시브 금형에 대한 수요가 크게 증가하고 있다. 이 프로그레스브 금형의 설계에는 많은 경험과 기술 축적이 필요하고, 제작에 있어서는 NC공작기계의 사용이 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서, 프로그레시브 금형을 비롯한 프레스 금형의 설계 및 제작의 자동화를 위한 CAD/CAM 소프트웨어에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

1971년에 Shaffer[1]가 Progressive Die Design by Computer(PDDC) system을 개발했으며 뒤에 Fogg와 Jaimson[2]은 다이설계에 영향을 미치는 여러 가지 요소들을 고려하여 더 개선된 PDDC system을 개발했다. 그러나 이 시스템의 단점은 반자동이고 공정설계에 너무 많은 시간이 소요된다. Shibata 와 Kunitomo[3]는 블랭크와 다이레이아웃의 화면 출력을 목적으로 하는 CAD/CAM 시스템을 개발하였고, Nakahara[4] 등은 프로그레시브 다이 설계를 위한 시스템을 도입하였다. 이 시스템 역시 스트립레이아웃과 다이레이아웃이 설계자에 의해서 행해지는 반자동적인 요소를 극복하지는 못하였다. 또한 Choi[5]-[8]등은 스테이터와 로터의 블랭킹에 관한 공정 설계 및 금형설계 시스템인 "STRTDES2"를 개발하였다.

본 연구에서는 스테이터와 로터뿐만 아니라 불규칙형상 박판제품에 관하여 공정설계 및 금형설계가 자동적으로 수행되는 시스템을 개발하고자 한다. 불규칙 형상들 사이의 최소거리, 피어싱될 구멍의 치수, 제품의 코너 반경 및 필렛 반경에 대한 가공가능성을 검사하여 합격한 불규칙형상 박판제품에 관

해 측방력에 의한 다이면압을 견딜 수 있는 다이 블랭크의 크기를 계산하여 공정순서 결정 및 금형의 파손 방지를 위한 아이들 공정의 유무를 체크하였다. 또한 제품의 정밀도 향상을 위하여 CNC 공작기계에서 금형을 가공하기 위하여 NC데이터를 생성할 수 있도록 금형설계에 필요한 설계변수를 계산하였고, 금형의 부품도 및 총조립도를 자동적으로 창출시킬 수 있다. 따라서, 개발된 시스템은 스테이터와 로터뿐만 아니라 임의의 형상을 가진 박판제품에 대하여 공정설계 및 금형설계를 자동적으로 수행할 수 있다.

2. 시스템의 구성

본 연구에서는 불규칙형상 박판제품에 대한 블랭킹 및 피어싱용으로 자동화된 공정설계 및 금형설계 시스템을 개발하고자 하였다. 본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 가공가능성검사모듈과 스트립레이아웃모듈, 다이레이아웃모듈, 도면편집모듈로 구성되어 있다. 또한 본 시스템은 통합적 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙 베이스와 데이터 베이스를 공유하므로 수행중 시스템을 중단하지 않고서 모든 과정을 수행할 수 있는 장점이 있으며 시스템의 진행 방식은 선택의 다양성을 위하여 대화식을 이용하였다. 본 시스템의 구조는 Fig. 1과 같다.

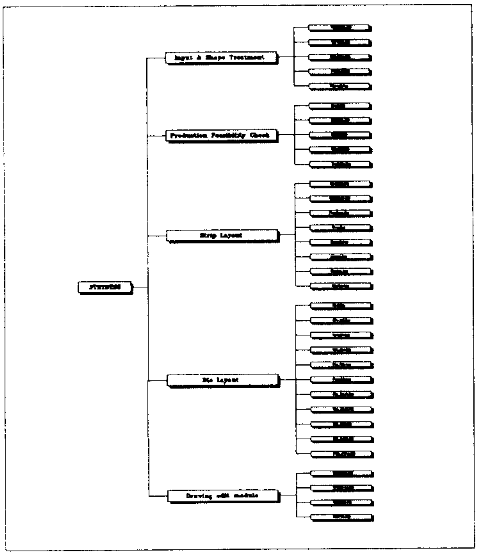

Fig. 1 System configuration

2.1 입력 및 형상처리

이 모듈은 입력모듈과 형상처리모듈로 구성되어 있다. 입력모듈에서는 소재의 종류, 두께, 열처리 조건 등이 입력되어지면 소재에 관한 각종 정보를 데이터 베이스로부터 자동적으로 읽어 들인다. 형상처리모듈에서는 제품의 형상을 사용자가 AutoCAD도면으로 직접 입력시키거나 혹은 도면화된 파일을 스크린 상에 나타냄으로써 제품의 형상이 처리된다. 입력된 형상을 프로그램에 사용되기 위해 이 모듈에서는 형상 데이터를 수치 데이터로 변환하여 저장하고 피어싱가공 혹은 블랭킹가공을 해야 할지를 자동적으로 인식한다.

2.2 가공가능성검사모듈

가공가능성검사모듈은 형상처리모듈에서 얻어진 블랭크의 정보를 가지고 제품으로 성형 가능성을 검사하는 모듈로서, 블랭킹이나 피어싱으로 블랭크 윤곽을 성형할 경우에 어렵거나 불가능한 기하학적 영역을 제시한다. 가공가능성 검사 때에 고려되어지는 요소들은 블랭킹 또는 피어싱될 내부 형상 사이의 거리, 피어싱될 구멍의 직경, 제품의 코너반경 및 필렛반경이다.

2.3 스트립레이아웃모듈

스트립레이아웃모듈은 가공가능성검사모듈에서 합격한 제품형상에 대하여 각 공정간의 측방력에 의한 다이 면압을 견딜 수 있는 형상별 다이 블랭크의 크기를 고려하여 공정 순서를 정하는 모듈이다.

2.4 다이레이아웃모듈

다이레이아웃모듈에서는 스트립레이아웃모듈에서 얻어지는 공정에 대한 플레이트 상의 공구배치 정보를 이용하여 설계규칙을 만족하는 금형 구조와 부품들을 자동적으로 설계한다. 이 모듈에서는 블랭크형상의 복잡성, 연간 생산 수량, 공정 수, 블랭크의 재질, 블랭크의 크기 등을 고려하여 다이 및 스트리퍼 플레이트의 형태를 결정하고 다이 면압을 고려한 다이외경에 의한 다이블록의 크기, 다이와 펀치사이의 틈새로 인한 기하학적인 형상, 펀치의 좌굴 여부, 힘의 균형을 위한 하중의 중심점, 스트리핑력에 의한 스프링의 수와 배열, 체결 볼트의 수와 배열을 결정한다. 또한 이 모듈에서는 형상을 자동적으로 보상하기 위하여 스트립레이아웃의 블랭크 형상에 근거한 다이부시와 펀치들의 기하학적 형상을 계산하고, '다이레이아웃 면적'의 값에 근거하여 다이 및 스트리퍼 플레이트의 두께, 가이드 포스트의 직경, 작동길이, 다이세트의 폭, 그 밖의 각종 금형설계에 필요한 표준부품들을 데이터 베이스로부터 결정한다. 다이레이아웃에 대한 알고리즘(algorithm)은 Fig. 2에 나타내었다.

2.5 도면편집모듈

도면편집모듈에서는 불규칙형상의 박판제품의 공정설계 및 금형설계도면을 출력하기 위한 편집기능을 수행한다. 위의 각 모듈들이 수행되고 난 후 도면편집모듈에서는 각 단계에서의 결과들을 출력시킬 수 있다.

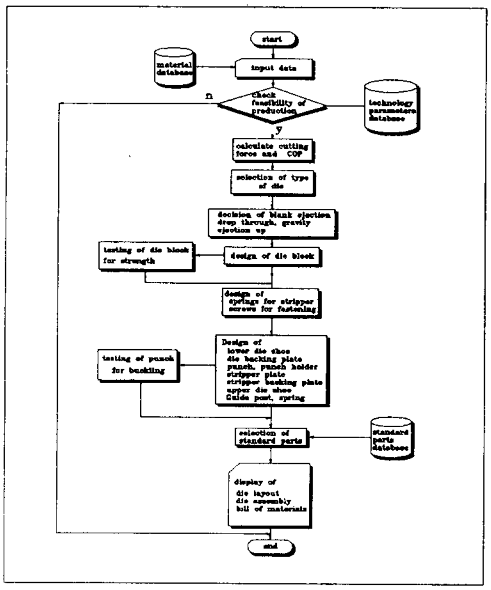

Fig. 2 Structure of the die layout module

3. 시스템의 설계 규칙과 데이터 베이스[9-15]

블랭킹 및 피어싱용 공정설계 및 금형설계를 위하여 본 시스템에서는 소성이론, 관련문헌, 현장기술자와의 인터뷰를 통하여 얻는 경험적 지식을 정식화하여 가공가능성검사, 스트립레이아웃, 다이레이아웃에 대한 규칙 및 데이터 베이스를 구축하였다.

4. 시스템의 적용 및 결과

본 연구에서는 불규칙형상 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 및 금형설계 자동화시스템에 Fig. 3과 같은 불규칙형상 박판제품을 적용하여 각 모듈에서 수행된 결과를 고찰하고자 한다.

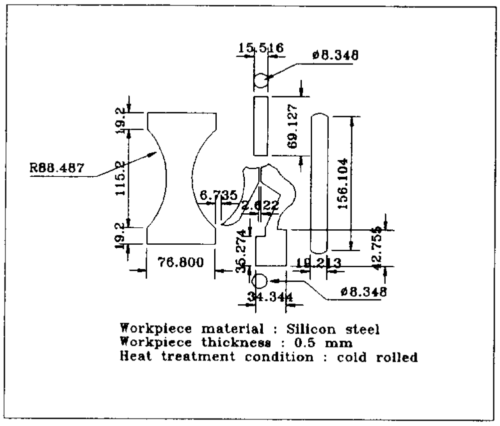

Fig. 3 Drawing of a sample blank

4.1 가공가능성검사, 스트립레이아웃 모듈에 적용

가공가능성검사모듈에서는 제품의 가공가능성 여부를 판단하여 형상데이터를 스트립레이아웃모듈에 전달한다. Fig. 3과 같은 두께가 0.5 mm인 불규칙형상 박판제품에 대하여 가공가능한 영역을 Fig. 4에 나타내었다.

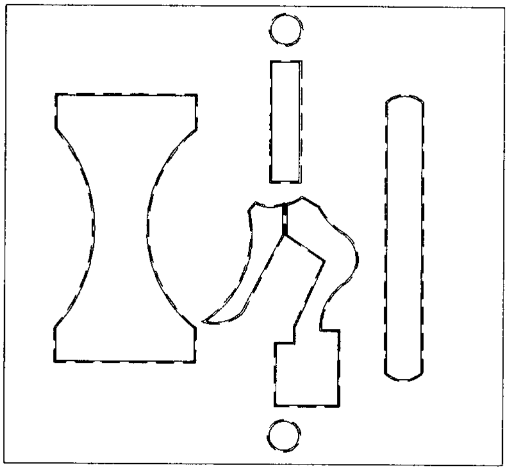

Fig. 4 Production feasibility check of external feature-distance for a sample blank with thickness 0.5mm

Table1 Production feasibility check of a corner, a fillet radius and blanked or pierced holes for a sample blank with thickness 0.5mm

Corner radius greater than criteria
Minimum corner radius : 13.99
Criteria : 0.25
Min. Diameter of Circle G.T. Criteria
Min. Diameter : 13.36
Limit Diameter :0.5
Min. Rectangular Distance G.T. Criteria
Min. rectangular distance : 7.40
Limit distance : 0.5

제품의 코너반경 및 내부구멍들에 대한 검사 결과는 Table1에 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 가공가능한 영역안에 있으므로 제품의 가공이 가능함을 알 수 있다. 이와 같이 이 모듈에서는 제품의 가공가능성을 검사하여 실제 생산에서 발생할 수 있는 오류를 사전에 방지할 수 있다. 앞의 가공가능성검사모듈에서 가공가능한 불규칙형상 박판제품을 스트립레이아웃모듈에 적용하여 블랭킹 및 피어싱 공정에 대한 스트립레이아웃을 수행하였다. 두께가 0.5mm인 Fig. 3과 같은 불규칙 형상에 대한 스트립레이아웃의 출력 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5의 a)는 설계자가 입력한 제품의 불규칙 형상을 나타낸 것으로, 이를 각각의 형상별로 분해하여 각 형상들에 대하여 계산된 다이 블랭크 형상을 b)에 나타내었다. 각 형상들의 전단길이는 자동적으로 시스템에 인식되어지고, 다이 블랭크의 배열순서는 스트

립레이아웃 규칙12)에 의하여 순차적으로 한다. 각각의 다이 블랭크간의 간섭을 확인하고 간섭이 발생하지 않도록 배열하는 공정을 c)-h)까지에 나타내었다. 그림 e)에서 보면 간섭이 발생함을 알 수 있다. 따라서, f)와 같이 다음 피치에 배열되게 된다. 이와 같은 공정들을 반복하여 최종적인 배열을 완성한다. 따라서 본 연구에서 개발된 공정설계 시스템을 사용하면 시스템의 스트립레이아웃 모듈은 임의의 형상을 가진 박판제품에 대하여 공정설계를 자동적으로 수행시킴으로써 경험이 없는자라도 쉽고 정확하게 원하는 공정설계 도면을 창출할 수 있고 이로 인하여 설계시간의 단축을 가져 올 수 있으므로 현장 적용이 기대된다.

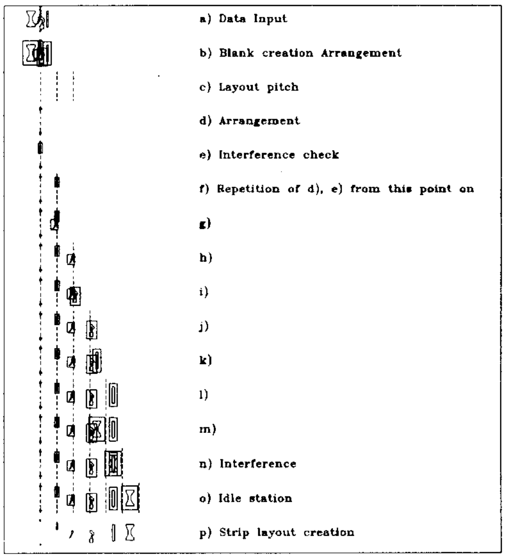

Fig. 5 Automatic strip layout program flow chart for a sample blank with thickness 0.5mm

4.2 다이레이아웃모듈에 적용

스트립레이아웃모듈의 결과로 얻어진 공정설계의 정보를 가지고 금형설계를 수행하기 위하여 다이레이아웃모듈에서는 다이 및 스트리퍼 플레이트의 형태, 가공력 및 압력중심, 스트리핑력, 다이와 펀치사이의 틈새, 다이블록의 치수, 다이세트의 높이, 펀치길이 등을 고려한다. 다이 및 스트리퍼 플레이트의 형태를 결정짓는 요소는 연간생산 수량, 공정수, 블랭크의 두께 및 재질로써, 본 시스템에 적용된 불규칙형상 박판제품은 이러한 요소들에 의해 다이의 형태를 프로그레시브 다이로, 스트리퍼 플레이트의 형태를 스프링 식으로 결정하였다. 이 모듈에서는 각 공정별로 가공력을 계산하여 프레스를 선정하고, 선정된 프레스의 중심에 계산된 압력 중심을 일치시켜 균형 잡인 가공을 할 수 있도록 하였고 스트리핑력으로 스프링의 수, 체결 볼트의 수를 계산하여 같은 피치로 일직선상에 배열시킨다. Fig. 3의 불규칙한 제품의 경우에 이 모듈에서 계산한 각 공정별 전단길이, 가공력과 압력 중심을 Table2에 나타내었다. 스트립레이아웃모듈에서 계산된 각 공정별 '다이레이아웃 면적' 값을 근거로 다이면압에 견딜 수 있는 다이외경을 고려하여 다이의 길이와 폭을 구한 다음, 다이블록의 치수를 데이터 베이스에 저장된 치수로 표준화시켰다. 표준화된 다이블록의 치수를 근거로하여 다이블록의 두께, 스트리퍼 플레이트의 두께, 다이블록 모서리로부터 맞춤 핀 및 체결볼트까지의 최소거리, 맞춤 핀의 직경, 볼트의 직경, 가이드 포스트의 개수와 직경을 데이터 베이스로부터 구한다. 이에 따라 다이세트의 높이가 자동적으로 결정되어진다. 이러한 과정을 통해 계산된 데이터로 Fig. 6과 같이 표준화시킨 금형구조의 형태로 크기를 변화시켰다. 펀치의 길이는 펀치 홀더, 펀치 배킹 플레이트, 스트리퍼 플레이트, 스트리퍼 배킹 플레이트의 두께 및 작동길이 등을 고려하여 계산되어진다. Fig. 3와 같은 박판제품을 다이레이아웃모듈에서 수행된 결과로 부터 구한 펀치길이는 각각 64.44mm 으로써 펀치의 좌굴 검증 결과 안전함을 알 수 있다.

4.3 도면편집모듈 적용

도면편집모듈에서는 다이레이아웃모듈을 수행하여 구한 금형 부품도들의 데이터를 이용하여 금형부품들과 상부 및 하부다이의 조립도를 그래픽 형태로 출력시킨다. 스트리퍼 플레이트, 스트리퍼 배킹 플레이트, 펀치, 펀치 홀더, 상부 다이 슈(shoe), 펀치 배킹 플레이트, 다이, 다이 블록, 하부 다이 슈, 다이배킹 플레이트의 도면을 출력하였고, 상부 및 하부다이조립도를 각각 Fig. 7~8에 나타내었다.

Table 2 Calculated results of required load and sheared length for each process and center of pressure for blank

	Sheared Length [mm]	Required Load [kg]	Nomal Pressure [kg/mm^2]
1st Stage	104.902	2937.25	47.6
2nd Stage	169.286	4740.0	47.6
3rd Stage	181.26	5075.28	47.6
4th Stage	334.566	9367.85	47.6
5th Stage	354.889	9936.9	47.6
6th Stage	Idle	Idle	Idle
7th Stage	486.597	13624.7	47.6
Total	1631.5	45682.0	
Center of Pressure	560.641mm from the first die block edge		

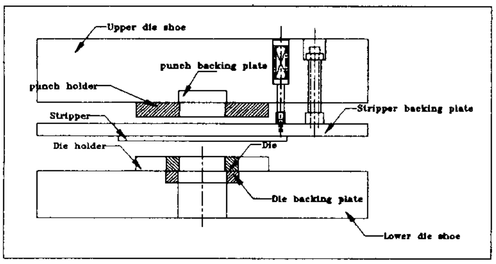

Fig. 6 Vertical Construction (Die set)

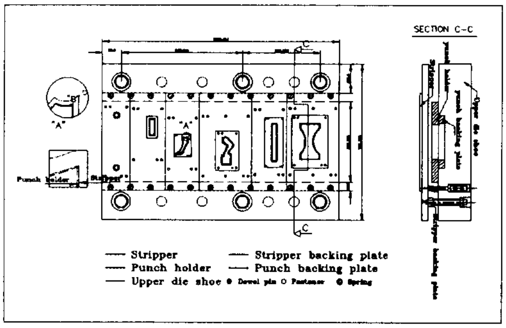

Fig. 7 The construction of upper die for sample blank (punch parts)

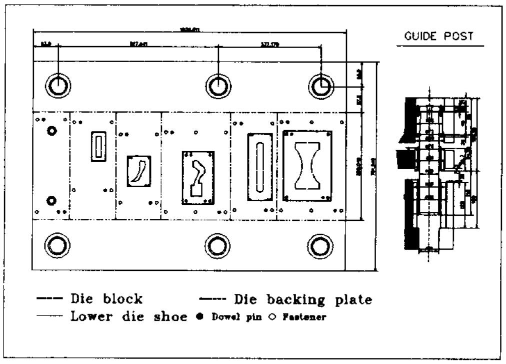

Fig. 8 The construction of lower die for sample blank (die parts)

4.결 론

임의의 형상을 가진 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계와 금형설계를 수행할 수 있는 CAD시스템를 개발하였다.

AutoCAD환경 하에서 구축된 시스템은 산업 현장에서의 적용이 쉽고 사용자와의 대화식으로 유연성을 가지고 있어서 산업 현장에서의 데이터 추가가 가능하도록 되어있다. 블랭킹 및 피어싱용 공정설계와 금형설계 지식은 소성이론, 관련논문, 보고서, 현장 기술서, 실제 공정도, 현장 기술자와의 인터뷰를 통하여 얻어졌고 이를 정식화하여 각 모듈의 규칙을 구성하였다. 스테이터와 로터에 한하여 공정설계 및 금형설계가 자동으로 이루어지는 시스템에서 다이레이아웃모듈을 확장, 보완하여 임의의 형상을 가진 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 및 금형설계를 자동으로 수행할 수 있는 더욱 개선된 CAD시스템을 개발하였다. AutoCAD하에서 지원되는 AutoLISP언어를 사용하여 대화식으로 구성된 본 시스템은 임의의 형상을 가진 박판제품에 대하여 경험이 없는 자라도 쉽고 정확하게 원하는 공정설계 및 금형설계를 할 수 있으므로 설계시간의 단축을 가져와 현장 적용이 기대되고 금형설계에 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화함으로써 설계지침의 표준화를 이루어서 초보자의 교육에 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 개발된 시스템이 AutoCAD환경하에서 구현됨으로써 시스템의 결과를 다른 CAE소프터웨어 및 CAM용 소프트웨어와 원할한 연결을 할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

1. G. Schaffer, "Computer design of progressive dies", Am. Mach, Vol. 22, pp. 73-75, 1971.
2. B. Fogg and Jaimeson, "The influencing factors in optimizing press tool die layouts and a solution using computer aids", CIRP Annals, Vol. 24, pp. 429-434, 1975.
3. Y. Shibata and Y. Kunimoto, "Sheet metal CAD/CAM system", Bull. Jpn. Soc. Prec. eng., Vol. 15, pp. 219-224, 1981.
4. S. Nakahara, T. Kojima, S. Tamura, A. Funimo, S. Choichiro and T. Mukumuru, "Computer progressive die design", Proceedings of 19th MTDR conference, pp. 171-176, 1978.
5. 최재찬, 김병민, 김 철, 이승민, "스테이터 및 로터의 블랭킹에 관한 공정설계 및 금형설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제13권, 제8호, pp. 40-51, 1996.
6. 최재찬, 김병민, 김 철, 김재훈, "스테이터와 로터 및 불규칙한 박판제품의 블랭킹에 관한 공정설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제13권, 제9호, pp. 46-53, 1996.
7. 최재찬, 김병민, 조해용, 김 철, "스테이터 및 로터의 블랭킹 및 피어싱에 관한 자동화된 금형설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제14권, 제5호, pp. 22-33, 1997.
8. 최재찬, 김병민, 김 철, 김 재훈, "불규칙한 형상의 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 시스템(II)", 한국정밀공학회지, 제14권, 제7호, pp. 39-48, 1997.
9. 최재찬, 김병민, 김 철, 김호관, "불규칙형상 박판제품의 블랭킹용 네스팅 시스템", 한국정밀공학회지, 제14권, 제11호, 1997.
10. Y.K.D.V. Prasad and S. Somasundaram, "CADDS : An automated die design system for sheet-metal blanking", Computing & control engineering journing, pp. 185-191, 1992.
11. K. Shirai and H. Murakami, "A compact and practical CAD/CAM system for progressive dies", Bull. Jpn. Soc. of Prec. Eng., Vol. 23, No. 1, pp. 25-30, 1989.
12. 이승희, 한윤희, 김세환, 금형설계 자료집, 대광서림, pp. 368-450, 1992.
13. F. Strasser, "the secret of successful press tool design", Tooling, Feburary, 1976.
14. D.F. Eary, E.A. Reed, "Technique of pressworking sheet metal", Prentice-hall, Inc., 1974.
15. F.W. Wilson, P. H. Harvey, "die design handbook", Mcgraw-hill company, 1963.
16. K. Lange, "Handbook of metal forming", Mcgraw-Hill book company, pp. 24.1-26.1, 1970.