

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것입니다.

## 굽힘공정을 갖는 불규칙형상 박판제품의 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 시스템

최재찬\* , 김병민\* , 김철\*

### An Automated Process Planning System for Blanking or Piercing of Irregular Shaped Sheet Metal Product with Bending Processes

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

#### ABSTRACT

This paper describes a research work of developing a computer-aided design of blanking and piercing for irregular-shaped sheet metal products. An approach to the CAD system is based on the knowledge-based rules. Knowledge for the CAD system is formulated from plasticity theories, experimental results and the empirical knowledge of field experts. The system has been written in AutoLISP on the AutoCAD with a personal computer and is composed of four main modules, which are input and shape treatment, flat pattern layout, production feasibility check, and strip layout module. Based on knowledge-based rules, the system is designed by considering several factors, such as radius and angle of bend, material and thickness of product, complexities of blank geometry and punch profile, and availability of press. This system is capable of unfolding a formed sheet metal part to give flat pattern and automatically account for the adjustment of bend allowances to match tooling requirements by checking the dimensions and relationships of parts of the folded product. Also this system can carry out a process planning which is obtained from results of irregular shape of product that was successful in production feasibility check module according to flat pattern layout and generate strip layout drawing in graphic forms. The developed system provides its efficiency for flat pattern layout, and strip layout for the irregularly shaped sheet metal products.

**Key Words** : Blanking & Piercing(블랭킹/피어싱), Knowledge Based Rules(지식 베이스 규칙),  
Flat Pattern Layout(플레이트패턴-레이아웃), Production Feasibility Check(가공가능성검사),  
Strip Layout(스트립-레이아웃)

\* 부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구센터

## 1. 서 론

최근 산업의 소형화, 경량화 및 고속화의 경향에 따라 각종 금형설계의 표준화가 절실히 요구되고 있다. 특히 펀치와 다이를 이용하여 판재로부터 원하는 형상의 부품을 생산하는 전단가공은 부품의 호환성 및 정밀도 측면에서 더욱 이러한 표준화가 요구되고 있다. 그런데 굽힘가공을 고려한 블랭킹 또는 피어싱과 같은 전단 가공의 가공가능성 검사, 스트립-레이아웃은 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의해 수행되어왔다. 이러한 숙련된 기술자의 경험을 정식화하여 컴퓨터를 이용한 설계 자동화에 관한 연구가 보고 되고 있다.<sup>11-9)</sup> 1971년에 Shaffer<sup>11)</sup>가 Progressive Die Design by Computer(PDDC) system을 개발했으며 뒤에 Fogg와 Jaimson<sup>12)</sup>은 다이-레이아웃에 영향을 미치는 여러 가지 요소들을 고려하여 더 개선된 PDDC system을 개발했다. 그러나 이 시스템의 단점은 반자동이고 긴 공정시간이 소요되는 것이다. Shibata 와 Kunitomo<sup>13)</sup>는 블랭크 레이아웃과 다이레이아웃의 화면출력을 목적으로 하는 CAD/CAM 시스템을 개발하였고, Nakahara<sup>14)</sup> 등은 프로그레시브 다이-레이아웃을 위한 시스템을 도입하였다.

본 연구에서는 굽힘반경, 굽힘각도, 재질, 및 두께에 따른 굽힘여유를 고려한 플레이트패턴-레이아웃모듈을 개발하였다. 그리하여 이미 개발되어진 블랭킹용 공정설계 시스템에 굽힘가공을 고려한 플레이트패턴-레이아웃을 자동적으로 창출시키는 모듈을 첨가시켜서 플레이트패턴-레이아웃에 따라 내부 형상들 사이의 최소거리, 피어싱될 구멍의 치수, 제품의 코너반경 및 필렛 반경에 대한 성형 가능성을 검사하고 측방력으로 인한 다이면압을 견딜 수 있는 각 형상별 다이블랭크의 크기에 따른 공정순서와 블랭킹 및 피어싱공정에 굽힘공정이 첨가된 스트립-레이아웃을 자동적으로 수행할 수 있다.

## 2. 시스템의 구성

본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 플레이트패턴-레이아웃모듈, 가공가능성 검사모듈, 스트립-레이아웃모듈로 나뉘어져 있다.

그리고 시스템은 하나의 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙과 데이터 베이스를 공유하므로 수행중 시스템을 중단하지 않고서 모든 과정을 수행할 수 있는 장점이 있다. 또한 시스템의 진행방식은 선택의 다양성을 위하여

대화식을 이용하였으며 시스템의 전체적인 개략도를 Fig. 1에 나타내었다.

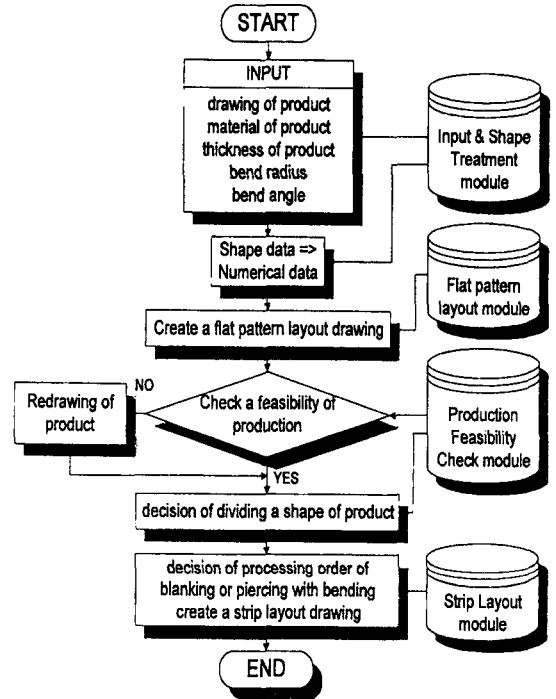


Fig. 1 Modular structure of CAD system

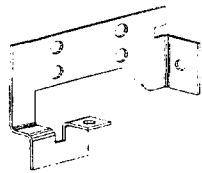
불규칙형상 박판제품의 데이터 및 제품도면이 Auto-CAD상에 입력되어지면 그 도면은 자동적으로 인식되어지고 입력된 데이터는 플레이트패턴-레이아웃모듈에 전달된다. 플레이트패턴-레이아웃모듈에서는 굽힘여유를 고려한 플레이트패턴-레이아웃을 수행한 후에 그 결과를 가공가능성검사모듈로 넘긴다. 가공가능성검사모듈에서는 제품의 성형가능성을 검사한 후에 성형이 가능한 데이터를 스트립-레이아웃모듈에 전달하며 스트립-레이아웃모듈에서는 가공가능한 플레이트패턴-레이아웃에 따라 스트립-레이아웃을 수행한다. 이러한 시스템을 구성하는 각 모듈들의 기능적인 설명은 아래에서 자세히 다루고자 한다.

### 2-1. 입력 및 형상처리모듈(input and shape treatment module)

이 모듈은 입력모듈과 형상처리모듈로 구성되어 있다. 입력모듈에서는 소재의 종류, 두께, 폭, 열처리 조건 등이 입력되어지면 소재의 기계적 성질에 관한 정보를 데이터



Table 1 Input data of input and shape treatment and flat pattern module for a sample blank



```

*****
* Material Selection *
*****
1. Steel
2. Al
3. Zinc, Cu, Brass, Tin,
  Bronze, Lead, Nickel,
  Si
4. Non-exist Metal

Select the Number : 3
Select the material (Ex: Cu): Si
*****
* HEAT TREATMENT CONDITIONS *
*****
A=ANNEALED,C=COLD-ROLLED or A=SOFT Mat'l, C=HARD Mat'l

Input heat treatment condition <C/A>: C
*****
* WORKPIECE THICKNESS *
*****
Workpiece Thickness (mm) <0.001... 10.0>

  Input the Thickness : 1.0
*****
* Input bend_angle and bend_radius *
*****
Input bend_angle(1) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(1) ( mm ) ! : 1.5
Input bend_angle(2) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(2) ( mm ) ! : 1.5
Input bend_angle(3) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(3) ( mm ) ! : 1.5
Input bend_angle(4) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(4) ( mm ) ! : 1.5
- After press return key to continue, wait for a minute!
    
```

기 위하여 사용되어진다. 변환된 수치데이터는 제품의 펼친 도면을 창출시키기 위하여 플레이트패턴-레이아웃모듈에 전달되어진다.

4-2. 플레이트패턴-레이아웃모듈에 적용

Fig. 2와 같은 굽힘반경 1.5mm, 굽힘각도 90°, 두께 1mm인 Silicon steel의 불규칙형상 박판제품을 플레이트패턴-레이아웃모듈에 적용시킬 때 이 모듈에서는 이들 입력값으로 굽힘여유량을 계산하고 입력 및 형상처리모듈의 수행결과 얻은 수치데이터의 리스트를 이용하여 자동으로 창출된 플레이트패턴-레이아웃을 Fig. 3에 나타내

었다. 4개의 굽힘선들은 중립축에서 굽힘호의 중간지점에 위치하고 굽힘방향은 자동으로 인식되어진다.

4-3. 가공가능성검사모듈에 적용

Fig. 2와 같은 1mm의 두께를 가진 불규칙형상 박판제품을 가공가능성검사모듈에 적용시킬 때, 이 모듈에서는 선과 선, 선과 호, 선과 원 사이의 가공가능한 최소거리를 계산하여 Fig. 4에 가공가능한 영역을 나타내었다. 제품의 코너반경 및 내부구멍들에 대한 검사 결과는 Table 2, Table 3에 나타내었다.

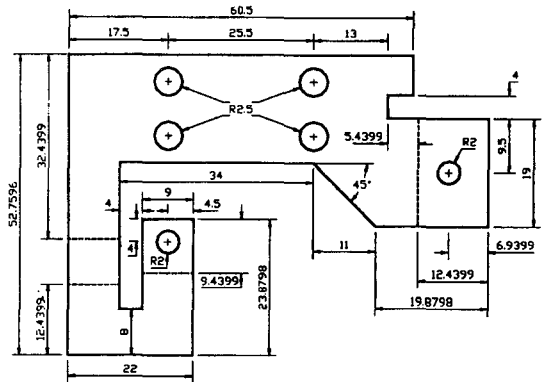


Fig. 3 Flat pattern layout for a sample blank

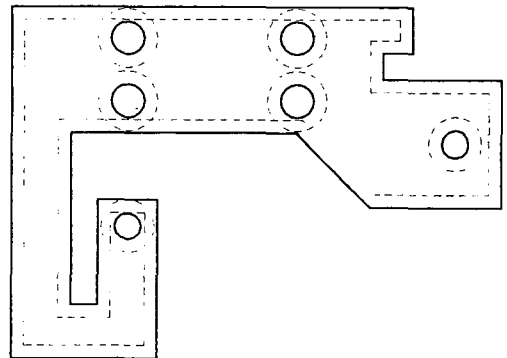


Fig. 4 Production feasibility check for a sample blank

Table 2 Production feasibility check of a corner and a fillet radius for a sample blank with thickness 1mm

Corner radius greater than criteria	
Minimum corner radius	:0.8
Criteria	:0.5

**Table 3 Production feasibility check of blanked or pierced holes for a sample blank with thickness 1mm**

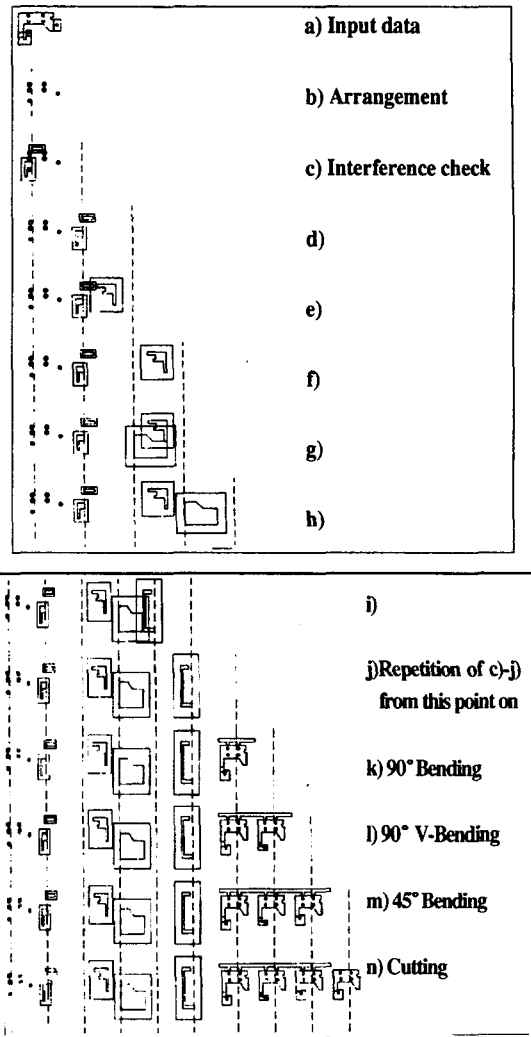
<b>Min. Diameter of Circle G.T. Criteria</b>	
Min. Diameter :2.0	
Limit Diameter :1.0	
<b>Min. Rectangular Distance G.T. Criteria</b>	
Min. rectangular distance :4.0	
Limit distance :1.0	

**4-4. 스트립레이아웃모듈에 적용**

Fig. 2와 같은 굽힘공정을 가진 불규칙형상 박판제품을 스트립-레이아웃모듈에 적용시킬 때 이 모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5-a)는 입력된 제품의 형상을 보여준다. 각 형상들의 창출된 다이블랭크 형상 주변길이순서로 자동적으로 인식되어지고 피어싱될 형상들을 가장 왼쪽 피치로부터 다이블랭크 주변길이 순서대로 배열되어지는데 Fig. 5-b)는 1번 다이블랭크가 피치에 배열되는 것을 보여준다. 2번 다이블랭크가 첫번째 피치에 놓여질 때 Fig. 5-c)에서 보여진 것처럼 1번 다이블랭크와 간섭이 생긴다. 그리하여 2번 다이블랭크는 Fig. 5-d))에 보여진 것처럼 다음피치에 놓여진다. 이와 유사한 방법으로 각각의 연속되는 다이블랭크를 정해진 피치에 처음으로 놓여지고 간섭이 생기면 다음 피치로 이동시킨다. 그 결과를 Fig. 5의 e)에서 j)까지에 나타내었다. Fig. 5-k)에서는 2개의 굽힘선에서 90° 방향의 굽힘가공이 동시에 수행되어지는 것을 보여주고있으며 Fig. 5의 l)에서 m)까지는 90° 방향의 V-굽힘가공을 먼저 수행하고 난후 45° 방향의 굽힘가공이 순차적으로 수행되는 것을 보여준다. 그리하여 Fig. 5-n)과 같은 절단공정이 이루어지므로써 원하는 제품의 형상을 얻을 수 있다. 또한 Fig. 5-n)으로부터 압력중심이 계산되어지고 이것을 다이세트의 중심과 일치시키므로써 균형잡힌 블랭킹 및 굽힘가공을 할 수 있다.

따라서 개발된 시스템을 사용하면 굽힘공정을 가진 불규칙형상 박판제품의 플레트패턴-레이아웃에 따른 스트립-레이아웃을 자동적으로 창출시키기 때문에 경험이 없는자라도 스트립-레이아웃을 쉽고 정확하게 수행할 수 있다.



**Fig. 5 Automatic strip layout program flowchart for a sample blank with bending process**

**5. 결 론**

본 연구에서는 굽힘공정을 가진 불규칙형상 박판제품에 대한 블랭킹 및 피어싱가공을 위한 자동화된 플레트-패턴레이아웃, 스트립-레이아웃을 수행할 수 있는 공정설계 시스템을 개발했다.

개발된 시스템의 장점은 다음과 같다.

1. 입력 및 형상처리모듈은 입력된 형상을 프로그램에

서 수행하기 위하여 블랭킹 및 굽힘영역을 자동적으로 나누어서 수치데이터로 변환시킬 수 있다.

2. 굽힘공정을 가진 불규칙형상 박판제품에 대하여 스트립-레이아웃을 수행하기 위하여 펼친 형태의 도면을 자동적으로 창출시킬 수 있다.
3. 스트립-레이아웃모듈은 플레이트패턴-레이아웃모듈과 가공가능성검사모듈을 통하여 펼친형태의 도면에 대한 가공가능성을 검사하고 측방력에 대하여 다이면압을 견딜 수 있는 다이블랭크의 크기에 따른 공정순서와 굽힘공정이 자동으로 이루어지는 스트립-레이아웃을 창출시킬 수 있다.

개발된 CAD 공정설계 시스템을 이용하면 초보자라도 쉽게 성공적인 플레이트-패턴레이아웃, 스트립-레이아웃을 수행할 수 있으므로 숙련된 기술자를 양성하는데 필요한 시간과 비용을 대폭적으로 줄일 수 있다. 또한 숙련된 설계자의 스트립-레이아웃의 결과는 설계자의 경험에 따라 다르므로 초보자의 교육 및 제품생산에 있어 표준화된 설계지침을 확정하기 어렵게 만든다. 그러나 이에 대한 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화함으로써 설계지침을 표준화할 수 있으며 초보자의 교육에 쉽게 활용될 수 있다. 그리고 개발된 시스템을 AutoCAD환경에서 구현시킴으로써 시스템의 결과를 다른 CAE 소프트웨어(FEM Simulation Code) 및 CAM 가공용 소프트웨어와 원활한 연결을 할 수 있도록 하였다.

### 참 고 문 헌

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", Proceed-

- ings of 19th MTDR conference, pp. 171-176, 1978.
5. 최 재찬, 김 병민, 김 철, 이 승민, "스테이터 및 로터의 블랭킹에 관한 공정설계 및 금형설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제13권, 제8호, pp. 40-51, 1996.
6. 최 재찬, 김 병민, 김 철, 김 재훈, "스테이터 와 로터 및 불규칙한 박판제품의 블랭킹에 관한 공정설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제13권, 제9호, pp. 46-53, 1996.
7. 최 재찬, 김 병민, 조 해용, 김 철, "스테이터 및 로터의 블랭킹 및 피어싱에 관한 자동화된 금형설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제14권, 제5호, pp. 22-33, 1997.
8. 최 재찬, 김 병민, 김 철, 김 재훈, 김 호관, "불규칙한 형상의 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 시스템(II)", 한국정밀공학회지, 제14권, 제7호, pp. 39-48, 1997.
9. 최 재찬, 김 병민, 김 철, 김 호관, "불규칙형상 박판제품의 블랭킹용 네스팅 시스템", 한국정밀공학회지, 제14권, 제11호, pp. 171-179, 1997.
10. Y.K.D.V. Prasad and S. Somasundaram, "CADDS : An automated die design system for sheet-metal blanking", Computing & control engineering journal, 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. F. Strasser, "the secret of successful press tool design", Tooling, February, 1976.
13. D.F. Eary, E.A. Reed, "Technique of pressworking sheet metal", Prentice-hall, Inc., 1974.
14. F.W. Wilson, P. H. Harvey, "die design handbook", Mcgraw-hill company, 1963.
15. K. Lange, "Handbook of metal forming", Mcgraw-Hill book company, pp. 24.1-26.1, 1970.