

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

불규칙한 형상의 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 시스템(Ⅱ)

최재찬*, 김병민*, 김철**, 김재훈**, 김호관***

An Automated Process Planning System for Blanking or Piercing of Irregular-Shaped Sheet Metal Products (Ⅱ)

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

ABSTRACT

This paper describes the process planning system of a computer-aided design of blanking and piercing for irregularly shaped sheet metal products. An approach to the system is based on knowledge-based rules. The process planning system is designed by considering several factors, such as the complexity of blank geometry, production feasibility of products, and punch profile complexity. Therefore this system which was implemented production feasibility check and strip layout module can carry out a process planning considering a production feasibility area of both internal and external features, a dimension of blanked hole, a corner and a fillet radius for irregularly shaped sheet metal products and generate the strip layout in graphic forms. Knowledges for process planning are extracted from plasticity theories, handbooks, relevant references and empirical know-hows of experts in blanking companies. This provides powerful capabilities for process planning system of irregularly shaped sheet metal products.

Key Words : Blanking & Piercing(블랭킹/피어싱), Knowledge Based Rules(지식 베이스 규칙)

Process Planning (공정설계), Production Feasibility Area of Internal Feature(내부형상의 가공 가능영역)

1. 서론

최근 산업의 소형화, 경량화 및 고속화의 경향에 따라 각종 금형의 설계의 표준화가 절실히 요구되고 있다. 특히 펀치와 다이를 이용하여 판재로부터 원하는 형상의 부품을 생산하는 전단가공은 부품의 호환성 및 정밀도 측면

에서 더욱 이러한 표준화가 요구되고 있다. 그런데 블랭킹 또는 피어싱과 같은 전단 가공의 공정 및 금형 설계는 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의해 수행되어왔다. 이러한 숙련된 기술자의 경험을 정식화하여 컴퓨터를 이용한 공정설계 자동화와 설계된 공정에 대한 금형설계의 자동화에 관한 연구가 보고 되고 있다.⁽¹⁻⁶⁾

* 부산대학교 기계설계공학과 NSDM for ERC

** 부산대학교 대학원, 기계설계공학과

*** 부산지방중소기업청, 시험연구센터

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 너무 긴 공정시간이 소요되는 것이다. Shibata 와 Kunitomo⁽³⁾는 블랭크와 다이레이아웃의 화면 출력을 목적으로하는 CAD/CAM 시스템을 개발하였고, Nakahara⁽⁴⁾ 등은 프로그래시브 다이 설계를 위한 시스템을 도입하였다. 이 시스템 역시 스트립 레이아웃과 다이 레이아웃이 설계자에 의해서 행해지는 반자동적인 요소를 극복하지 못하였다. Choi⁽⁵⁾⁻⁽⁶⁾ 등은 스테이터와 로터의 블랭킹에 관한 공정 설계 및 금형설계 시스템인 "STRTDES"를 개발했으며 뒤에 스테이터와 로터 및 불규칙한 제품에 대하여 다이의 블랭크를 고려한 개선된 방식과 재료 이용률을 최소로 하는 공정설계 및 각각의 공정에 대한 금형설계가 자동적으로 이루어져서 금형의 부품도 및 총조립도를 도면으로 출력하는 자동화 시스템을 개발했다.

본 연구에서는 내부 형상들 사이의 최소 거리, 피어싱될 구멍의 치수, 제품의 코너반경 및 필렛 반경에 대한 가공 가능성을 검사하는 가공 가능성 검사 모듈을 확장 보완시켜 내부 형상간의 최소 거리가 계산되어 나타내어진 가공 가능한 영역을 벗어난 부분은 가공 가능한 영역으로, 피어싱될 구멍의 치수, 제품의 코너반경 및 필렛 반경의 치수들 가운데 가공 불가능한 치수는 가공 가능한 치수로 가공 가능성 검사 모듈에서 재 설계를 수행하게 하였다. 그리하여 가공 가능성 검사 모듈에서 재 설계된 도면을 가지고 스트립 레이아웃 모듈에서는 공정 설계를 수행하게된다. 또한 본 연구에서는 불규칙한 형상의 내부에서만 피어싱 또는 블랭킹 가공이 이루어지도록 하는 스트립 레이아웃 모듈을 확장 보완시켜 불규칙한 형상의 외부에서도 피어싱 가공이 이루어지도록 하므로써, 불규칙한 형상 내부의 가공은 가능하지만 형상 외부에서 선과 선의 최소 거리에 대한 가공이 불가능한 제품에 대해서도 공정 설계를 수행하는 시스템을 구축하였다. 그리하여 개발된 시스템은 임의의 형상을 가진 박판제품에 대하여 공정 설계를 수행할 수 있다.

2. 시스템의 구성

본 연구에서는 이미 개발된 스테이터와 로터 및 불규칙한 형상의 블랭킹 및 피어싱에 관한 자동화된 공정설계

시스템인 "STRTDES1"에 가공 가능성 검사 모듈과 스트립 레이아웃 모듈을 확장 보완시킨 공정 설계 시스템을 개발하고자 하였다. 본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 가공 가능성 검사모듈, 스트립 레이아웃 모듈로 나뉘어져 있다. 본 시스템은 하나의 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙 베이스와 데이터 베이스를 공유하므로 수행중 시스템을 중단하지 않고서 모든 과정을 수행할 수 있는 장점이 있다. 또한 시스템의 진행 방식은 선택의 다양성을 위하여 대화식을 이용하였다.

2-1 입력 및 형상 처리 모듈⁽⁵⁾(input and shape treatment module)

이 모듈은 입력 모듈과 형상처리 모듈로 구성되어 있다. 입력 모듈에서는 소재의 종류, 두께, 폭, 열처리 조건 등이 입력되어지면 소재의 기계적 성질에 관한 정보를 데이터 베이스로부터 자동적으로 읽어 들인다. 형상처리 모듈에서는 제품의 형상을 사용자가 AutoCAD도면으로 직접 입력시키거나 혹은 도면화면 파일을 스크린 상에 나타낼 때 제품의 형상데이터를 아래와같은 과정을 거쳐서 수치형태로 변환시켜 저장한다.

도면 요소들은 랜덤하게 직선이나 원호의 조합으로된 리스트와 원으로만 조합된 리스트를 만들어 저장되어진다. 그 표현형식은 다음과 같다.

- 직선과 원호로만 구성된 리스트의 표현형식

(0.0 (Sp Ep) (Sp Ep) (Sp Ep) (Sp Ep Cp) (Sp Ep Cp))

- 원으로만 구성된 리스트의 표현형식

(0.0 (CpR) (Cp R) (Cp R))

여기서 (Sp Ep) 는 도면요소가 직선, (Sp Ep Cp)는 원호이며, (Cp R)은 도면요소가 원호이다. 그리고 Sp(xs ys zs)는 시작점이며 Ep(xe ye ze), Cp(xc yc zc)는 끝점 및 원호와 원인 경우에 중심점을 나타내며, R 은 원의 반지름을 나타낸다. 직선과 원호로 구성된 리스트는 설계에 용이하게 이용할 수 있도록 도면요소들을 페루프단위로 다시 작성한다. 그 형식은 다음과 같다.

$$(0.0 ((p_1 p_2)(p_2 p_3 p_{c1})(p_3 p_4) \dots \dots (p_{n-1} p_n p_{cn}) (p_n p_1)) ((q_1 q_2) (q_2 q_3) (q_3 q_4 q_{c1}) \dots \dots (q_{n-1} q_n q_{cn}) (q_n q_1)))$$

여기서, $(p_{n-1} p_n p_{cn}) (p_n p_1)$ 에서 p_n 은 $(p_{n-1}$

p_n , p_{cn} 의 끝점인 동시에 (p_n , p_1)의 시작점이고 P_{cn} 은 원호의 중심점이다. 또 $p_1(x_1, y_1, z_1)$ 에서 x_1 은 p 형식의 페루프에서 최소의 x 좌표값을 가지며, 이 p_1 을 기준으로 p 형식의 페루프는 시계방향으로 순환한다. 이리하여 수치형태로 변환된 데이터들은 다음의 각 모듈에서 데이터로 사용되어진다.

2-2 가공 가능성 검사 모듈⁽⁵⁾(production feasibility check module)

가공 가능성 검사 모듈은 형상처리 모듈에서 얻어진 블랭크의 정보를 가지고 제품으로서의 성형 가능성을 검사하는 모듈로서, 블랭크 윤곽이 블랭킹이나 피어싱으로 성형되어지는 것이 어렵거나 불가능한 기하학적 영역이 제시되어진다. 가공 가능성 검사시에 고려되어지는 요소들은 블랭킹 또는 피어싱될 두 내부 형상사이의 거리, 피어싱될 구멍의 직경, 제품의 코너 반경 및 필렛반경이다. 제품의 최외각 형상간의 여유폭은 소재의 두께에 따라 결정되며 이 여유폭을 이용하여 이송피치가 결정되어진다.

가공 가능성 검사 규칙

규칙1) 제품의 형상간의 여유폭 및 제품의 상, 하변선과의 여유폭은 소재의 두께에 따라서 Table 1로부터 결정된다.

Table 1 Spacing for blanking parts from strip

Workpiece Thickness [mm]	Parts Shape : Circular	
	BW1 [mm]	BW2 [mm]
~0.5	1.0	1.5
0.5~1.0	1.0	1.5
1.0~1.2	1.2	1.8
1.2~1.5	1.5	2.0
1.5~2.0	1.5	2.0
2.0~2.5	1.8	2.3
2.5~3.0	2.0	2.5
3.0~4.0	2.5	3.0
4.0~5.0	3.0	4.0
5.0~6.0	3.5	4.5
6.0~7.0	4.0	5.0
7.0~8.0	4.5	5.5
8.0~9.0	5.0	6.0
9.0~10.0	6.0	7.0

규칙2) 내부 형상사이의 최소 거리는 Table 2에서 제시한 값 보다는 커야한다.

규칙3) 피어싱되는 구멍의 형상이 사각형이나 원형이면 피어싱의 가공 한계 치수는 형상, 두께, 물성치에 의 존하여 Table 3의 조건을 만족해야한다.

Table 2 Limits distances between the edges of two holes or between the edge of a hole and hole of blanked piece

Shape	Criteria
Line - Circle	Minimum Distance \geq Thickness
Circle - Circle	Minimum Distance \geq 0.8 \times Thickness
Circle - Arc	Minimum Distance \geq 0.9 \times Thickness
Line - Line	Minimum Distance \geq (1.5~2.0) \times Thickness
Line - Arc	Minimum Distance \geq 0.9 \times Thickness
Arc - Arc	Minimum Distance \geq 0.8 \times Thickness

Table 3 Minimum dimensions of holes processed by piercing depend on their shape and on the thickness and on mechanical properties of parts

Shape of Hole	Dimension of the Hole	Workpiece Material			
		Steel		Brass, Copper	Al, Zinc
		Hard	Soft	Minimum Size	
Circular	ϕ	1.2t	t	0.8t	0.7t
Rectangular	l	1.1t	0.9t	0.7t	0.6t

규칙4) Table 3에 존재하지 않는 소재이면 직경 또는 슬리트 폭이 두께(1t) 보다 커야 한다.

규칙5) 제품에 코너 반경이나 필렛 반경이 존재하면 그 반경은 0.5t 보다 커야 한다.

규칙6) 내부영역에 있는 형상의 가공이 불가능하면 가공 가능성검사모듈에서는 가공이 불가능한 형상을 가공가능한 영역으로 재설정한다.

규칙7) 내부형상의 블랭킹가공은 가능하지만 형상의부영역에서 선과 선의 거리가 한계거리보다 작으므로 인하여 불규칙한 형상을 가진 박판제품의 가공이 불가능한 경우에는 스트립레이아웃모듈에서 형상의부영역을 먼저 피어싱가공하여 불규칙한 형상을 가진 박판제품의 가공을 가능하도록한다.

2-3 스트립 레이아웃 모듈⁽⁶⁾(strip layout module)

스트립 레이아웃 모듈은 가공가능성 검사 모듈에서 합격한 제품형상에 대하여 형상별 다이 블랭크를 고려하여 공정 순서를 정하는 모듈이다. 이 모듈에서는 박판두께, 블랭크의 정확도, 블랭크 형상의 복잡성과 같은 입력 요소들에 의하여 다이의 형태가 선택되어지고 각 공정간의 블랭킹 하중에 의해 발생하는 다이 면압에 견딜 수 있는 다이외경의 한계거리가 계산되어진다.

스트립 레이아웃 규칙

- 규칙1) 파일럿 구멍이 존재하면 처음 공정에서 피어싱한다.
- 규칙2) 제품의 내부 형상이 존재하면 내부 형상을 먼저 가공한다.
- 규칙3) 불규칙한 제품의 블랭크 형상일 때는 블랭크 형상을 분석하고 현장에서 사용되는 절삭 가공 기술에 적합한 작은 형태로 나눈다.
- 규칙4) 파일럿 구멍들을 확인하기 위하여 내부 형상을 분석하는데 이 구멍들 안에 서로 관련이 있는 형상이 존재할 때 펀치 장착이 가능하면 첫 번째 공정에서 가공한다.
- 규칙5) 피어싱될 구멍들이 서로 근접해 있거나 기능적으로 관련이 없다면 이 구멍들을 여러 공정으로 분배한다.
- 규칙6) 일반적으로 노치(notch)들이 존재할 경우에는 첫 번째 공정에서 피어싱한다.
- 규칙7) 내부 형상의 가장자리와 다이 블록의 가장자리 사이의 최소 거리가 다이 블록 두께의 2배 보다 작으면 다이 블록, 스트리퍼 플레이트, 펀치홀더를 강화하기 위하여 아이들(idle) 공정을 둔다.
- 규칙8) 복잡한 펀치를 사용하는 것을 피하기 위하여 블랭크 형상을 간단한 형상으로 나눈다.
- 규칙9) 각 형상의 주변길이(perimeter)는 계산되어지고 길이가 작은 것부터 큰 순으로 번호를 매기고 이 번호순서가 공정 순서이다.
- 규칙10) 복잡한 제품으로부터 나누어진 각각의 형상을 가지고 블랭킹의 추력으로 인해 발생하는 면압을 견딜 수 있는 다이 블랭크의 크기를 결정할 후 다이 블랭크의 형상들을 만든다.
- 규칙11) 블랭크 레이아웃에서 구한 피치가 스트립 레이아웃을 위한 배열 피치에 쓰여진다.
- 규칙12) 최초의 다이 블랭크를 나열된 피치의 가장 좌측에 배열하고 공정 순서에 따라 그 다음 공정의 다이 블랭크를 최초의 다이 블랭크가 놓여진 피치에 놓을 때 겹쳐지지 않으면 그 피치에 배열하고 겹치면 다음 피치로 이동한다. 이와 같은 방법을 연속적으로 수행하여 공정을 완료한다.
- 규칙13) 가공가능성 검사 모듈에서 결정된 제품형상간의 여유폭(BW1)을 이용하여 블랭크의 초기 이동 피치가 아래식으로 결정한다.

$$L_{pitch} = D_{bla} + BW1$$

규칙14) 블랭킹력에 대한 측방력의 비는 Table 4)로부터 구한다.

Table 4 Correction factor λ_m according to material

Material	$\lambda_m = \frac{F_d \text{ (thrust force)}}{P \text{ (blanking force)}}$
Steel	0.28 ~ 0.38
Silicon Steel	0.17
Brass	0.24
Copper	0.14 ~ 0.17
Aluminum	0.08

규칙15) 다이의 측면에 작용하는 면압은 아래 식으로 결정한다.

$$P_{face} = \frac{F_d}{L_{shear} \times t \times BLR}$$

여기서 BLR : 소재 두께에 대한 버니쉬 길이 비(mm)

F_d : 측방력 t : 소재의 두께

L_{shear} : 전단길이의 총합

규칙16) 다이의 측면에 작용하는 면압에 견딜 수 있는 다이의 외경은 아래식으로 결정한다.

$$d_o = \frac{d_i}{\sqrt{\frac{\sqrt{3}P_{face}}{m\sigma_y} \sqrt{2 - \left(\frac{\sqrt{3}P_{face}}{m\sigma_y}\right)^2} - 1}}$$

여기서 m : $m : 1 \leq m \leq 1.155$

σ_y : 다이의 항복 강도

d_i : 다이의 내경

규칙17) 각 공정에서는 블랭킹력에 의한 측방력으로 인해 다이의 측면에 작용하는 면압을 견딜 수 있는 다이의 최대외경을 결정한다. 그리하여 각 공정의 가장자리에서 이웃하는 공정의 가장자리까지의 한계거리는 아래 식으로 결정되어진다.

$$l_{criteria} = \frac{(d_{o,n} + d_{o,n+1})}{2} - \frac{(d_{i,n} + d_{i,n+1})}{2}$$

- 여기서 $d_{i,n}$: n단계의 다이 내경 (mm)
- $d_{o,n}$: n단계의 다이 외경 (mm)
- $d_{o,n+1}$: n+1단계의 다이 외경 (mm)
- $d_{i,n+1}$: n+1단계의 다이 외경 (mm)
- $l_{criteria}$: 아이들 공정의 필요 한계 거리 (mm)

규칙18) 다이블록의 크기는 다음의 조건식으로 계산되어진다.

$$n \times L_{pitch} + 2 \times \text{condifact} \times H_{dblock} = L1_{dblock}$$

$$D_{bla} + 2 \times \text{condifact} \times H_{dblock} = L2_{dblock}$$

여기서 n: 공정수 condifact: 규칙25)로 부터 결정.

- D_{bla} : 제품의 최외각 형상의 지름
- $L1_{dblock}$: 다이 블록의 가로 길이
- $L2_{dblock}$: 다이 블록의 세로 길이

규칙19)아이들공정이 필요할 경우 입력된 다이블록의 치수는 다음의 조건식으로 계산된다.

$$(n + 1) \times L_{pitch} + 2 \times \text{condifact} \times H_{dblock} = L1_{dblock}$$

$$D_{bla} + 2 \times \text{condifact} \times H_{dblock} = L2_{dblock}$$

- 규칙20) 파일럿 구멍이 존재하면 처음 공정에서 피어싱한다.
- 규칙21) 파일럿 구멍이 존재하면 이 구멍의 치수는 소재 두께의 3배 이상은 되어야 한다.
- 규칙22) 불규칙한 형상의 박판제품에 내부형상이 존재하면 내부형상을 먼저 가공한다.
- 규칙23) 2개 이상의 내부 형상이 동시에 피어싱 된다면 피어싱 다이의 벽 두께를 계산하여 그 두께가 Table 5의 값보다 작으면 공정을 분할한다.

Table 5 Minimum die wall thickness

Workpiece Thickness (mm)	Tensile Strength (kg/mm ²)				
	-- 40	40 ~ 50	50 ~ 61	61 ~ 70	70 ~
≦ 0.4	1.28	1.44	1.6	1.76	1.92
≦ 0.6	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
≦ 0.8	2.0	2.25	2.5	2.75	3.0
≦ 1.0	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6
≦ 1.2	2.8	3.15	3.5	3.85	4.2
≦ 1.5	3.2	3.6	4.0	4.4	4.8
≦ 2.0	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
≦ 2.5	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2
≦ 3.0	5.6	6.3	7.0	7.7	8.4
≦ 3.5	6.4	7.2	8.0	8.8	9.6
≦ 4.0	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8
≦ 5.0	8.0	9.0	10.0	11	12.0

규칙24) 소재의 두께가 5mm보다 크면 외삽법으로 보한다.

규칙25) 절단날과 다이블록의 바깥모서리 사이의 최소거리인 입계거리는 작은 다이에서는 다이블록두께의 1.0 ~ 1.5배이며 큰 다이에서는 1.5 ~ 2.0 배이다. 간단한 블랭크형상에 대해서는 낮은 값을 취하고 복잡한 블랭크형상에 대해서는 높은 값을 취한다.

3. 시스템의 적용 및 결과

본 연구에서는 이미 개발된 시스템의 가공 가능성 검사 모듈과 스트립 레이아웃 모듈을 보완 확장시킨 블랭킹 및 피어싱용 공정 설계 시스템에 Fig.1 Fig. 2와 같은 임의의 형상을 가진 박판 제품을 각각 두께를 달리하여 입력

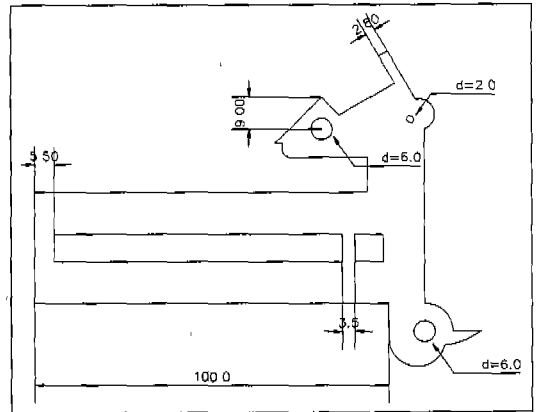


Fig. 1 Drawing of a sample blank(1)

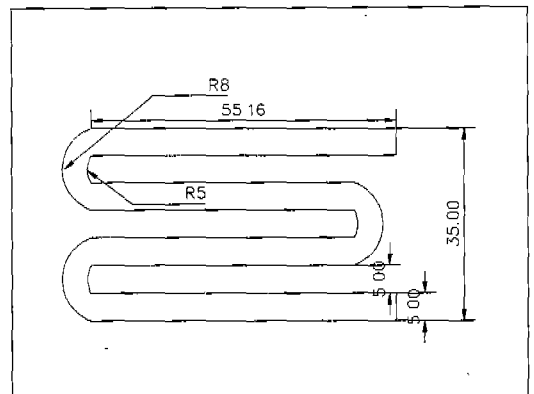


Fig. 2 Drawing of a sample blank(2)

시켜 가공 가능성 검사 모듈과 스트립 레이아웃 모듈에서 수행되어 출력된 결과들에 대하여 살펴보기로 한다.

3.1 가공 가능성 검사

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6은 Fig. 1과 같은 불규칙한 형상의 박판제품의 두께를 각각 1mm, 2.5mm로 Fig. 3과 같이 시스템에 각각 입력시켰을 때 가공 가능성 검사 모듈에서 수행되어진 결과들을 나타낸 것이다.

Fig. 3 Input data of input and shape treatment module for a sample blank(2) with thickness 4mm

두께가 1mm인 불규칙한 형상의 박판제품에 대하여 선과 선, 선과 원호, 선과 원 등의 가공 가능한 최소 거리를 계산하여 형상 내부에 가공 가능한 영역을 Fig. 4에 나타내었는데 내부 형상들이 이 영역안에 있으므로 내부 형상

의 가공이 가능함을 알 수 있다. Fig. 4-1에서는 최소 아크 반경 치수의 가공 가능성을 검사한 결과를 나타내었는데 최소 아크 반경의 한계치수가 0.5mm인데 제품의 최소 아크 반경 치수는 2mm로써 아크 반경 치수의 가공이 가능함을 알 수 있다. Fig. 4-2는 불규칙한 형상 내부 구멍의 블랭킹 및 피어싱 가공 가능 여부를 검사한 결과를 나타내었는데 최소 직경의 한계 치수는 1mm인데 제품의 최소 직경의 치수는 2mm이므로 형상 내부 구멍의 블랭킹 가공이 가능하다. 또한 사각형 구멍의 한계치수는 1mm인데 제품의 사각 구멍 치수는 2.8mm이므로 사각형 구멍의 블랭킹 가공이 가능함을 알 수 있다. 따라서 이러한 형상을 가진 박판제품에 대해서는 제품의 가공이 가능함을 알 수 있다.

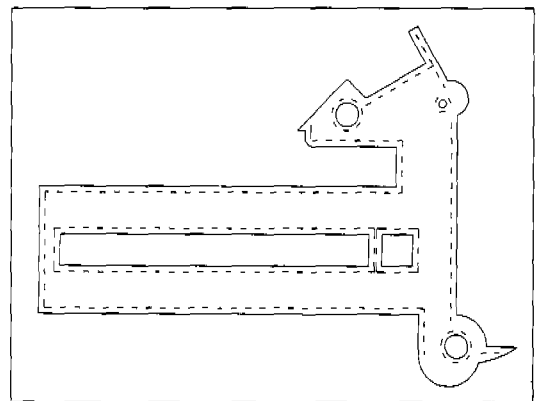


Fig. 4 Production feasibility check of internal feature-distance for a sample blank(1) with thickness 1mm

두께가 2.5mm인 불규칙한 형상의 박판제품에 대하여 선과 원호, 선과 선의 가공 가능한 최소 거리를 계산하여 가공 가능한 영역을 각각 Fig. 5, Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 5에는 선과 원호사이의 가공 가능한 최소 거리 영역을 벗어난 경우가 나타나지 않았으며 Fig. 6에서는 선과 선 사이의 가공 가능한 최소 거리 영역을 벗어난 경우가 나타났다.

Fig. 6-1에서는 최소 아크 반경 치수의 가공 가능성을 검사한 결과를 나타내었는데 최소 아크 반경의 한계치수가 1.25mm인데 제품의 최소 아크 반경 치수는 2mm로써 아크 반경 치수의 가공이 가능함을 알 수 있다. Fig. 6-2는 불규칙한 형상 내부 구멍의 블랭킹 및 피어싱 가공 가능 여부를 검사한 결과를 나타내었는데 최소 직경의 한

계 치수는 2.5mm인데 제품의 최소 직경의 치수는 2mm 이므로 형상 내부 구멍의 블랭킹 가공이 불가능하다. 또한 사각형 구멍의 한계치수는 2.5mm인데 제품의 사각 구멍 치수는 2.8mm이므로 사각형 구멍의 블랭킹 가공이 가능함을 알 수 있다.

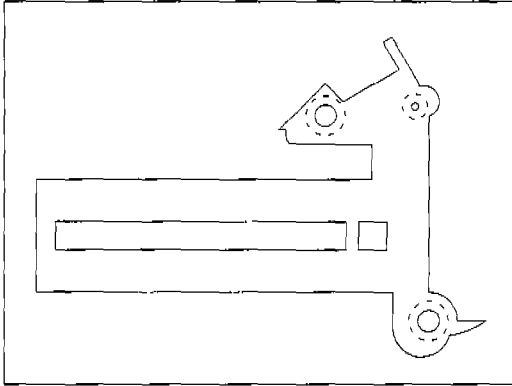


Fig. 5 Production feasibility check of internal feature-distance(line-arc) for a sample blank(1) with thickness 2.5mm

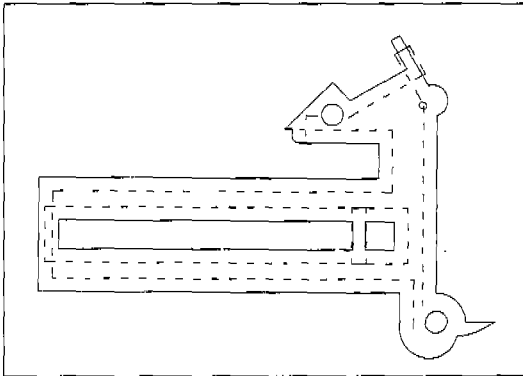


Fig. 6 Production feasibility check of internal feature-distance(line-line) for a sample blank(1) with thickness 2.5mm

그리하여 가공 가능성 검사 모듈은 이러한 형상의 제품에 대하여 가공 가능한 최소 거리 영역을 벗어난 부분은 가공 가능한 영역으로, 가공 불가능한 치수는 가공 가능한 치수로 재 설계를 시도하여 그 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 8과 Fig. 9는 Fig. 2와 같은 불규칙한 형상의 박판제품의 두께를 1mm, 4mm로 입력 시켰을 때 가공 가능성 검사 모듈에서 수행되어진 결과들을 나타낸 것이다.

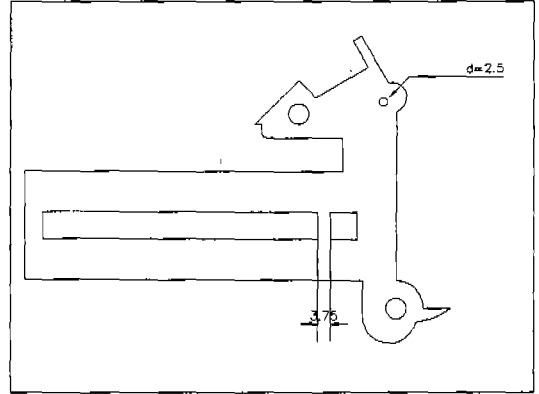


Fig. 7 Redesigned drawing satisfied with production feasibility area for a sample blank(1) with thickness 2.5mm

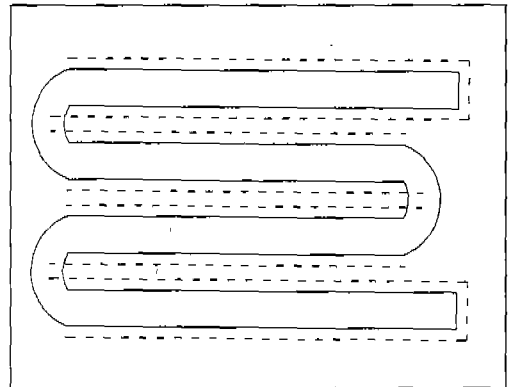


Fig. 8 Production feasibility check of external feature-distance(line-line) for a sample blank(2) with thickness 0.1mm

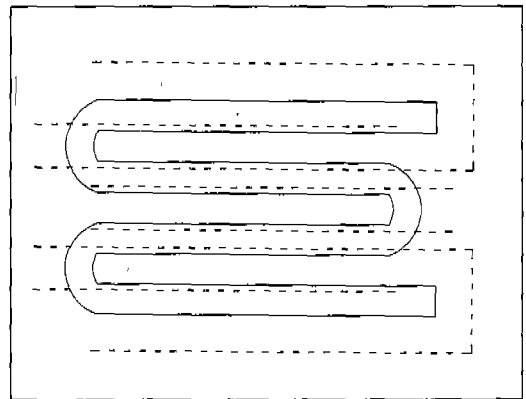


Fig. 9 Production feasibility check of external feature-distance(line-line) for a sample blank(2) with thickness 4mm

Fig. 8과 Fig. 9는 불규칙한 형상의 외부 영역에서 선과 선의 가공 가능한 최소거리를 고려한 것으로 Fig. 8은 외부 영역에서 가공이 가능하고 Fig. 9는 외부 영역에서 가공이 불가능함을 보여준다.

Fig. 9와 같이 불규칙한 형상 내부 영역의 가공은 가능하지만 형상 외부 영역에서의 선과 선의 최소거리 가공이 불가능한 경우에는 가공 불가능한 형상 외부 영역의 피어싱 가공의 가능 여부를 고려하여 스트립 레이아웃 모듈로 넘긴다. 이와 같이 이 모듈에서는 제품의 가공 가능성을 검사하여 가공이 불가능하면 재 설계 및 형상 외부 영역의 피어싱 가공을 고려하여 공정 설계를 수행하도록 하여 임의의 형상을 가진 박판 제품에 대하여 공정 설계가 이루어지도록 하므로써, 실제 생산에서 발생할 수 있는 오류를 사전에 방지할 수 있다.

3.2 스트립 레이아웃

앞의 가공 가능성 검사 모듈에서의 결과를 판단의 근거로 블랭킹 및 피어싱 공정에 대하여 스트립 레이아웃 모듈이 수행한 결과 출력된 불규칙한 형상을 가진 박판제품의 스트립 레이아웃을 고찰 하고자한다.

Fig. 10은 두께가 1mm인 Fig. 1과 같은 불규칙한 형상에 대한 스트립 레이아웃의 출력 결과를 나타낸 것이다.

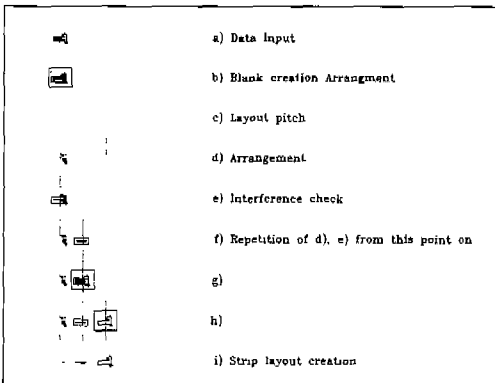


Fig. 10 Automatic strip layout program flow chart for a sample blank(1) with thickness 1mm

Fig. 10 a)는 설계자가 입력한 제품의 불규칙한 형상을 나타낸 것으로, 이를 각각의 형상별로 분해하여 각 형상들에 대하여 창출된 다이 블랭크 형상을 b)에 나타내었다. 각 형상들의 둘레는 자동으로 시스템에 인식되어 다

이 블랭크 형상이 설계되어진다. 다이 블랭크의 배열순서는 스트립 레이아웃 규칙 12)에 의하여 순차적으로 배열되게 된다. 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 최종적으로 i)와 같은 배열이 완성되게 된다.

두께가 2.5mm인 Fig. 1과 같은 불규칙한 형상에 대하여 가공 가능성 검사 모듈을 통하여 선과 선, 선과 호, 선과 원 사이의 최소거리, 최소 아크 반경 치수, 형상 내부 구멍 치수의 가공 가능성 여부를 판단하여 가공이 불가능한 부분을 재 설계한 Fig. 7과 같은 형상이 스트립 레이아웃 모듈에서 수행되어진 출력 결과를 Fig. 11에 나타내었다.

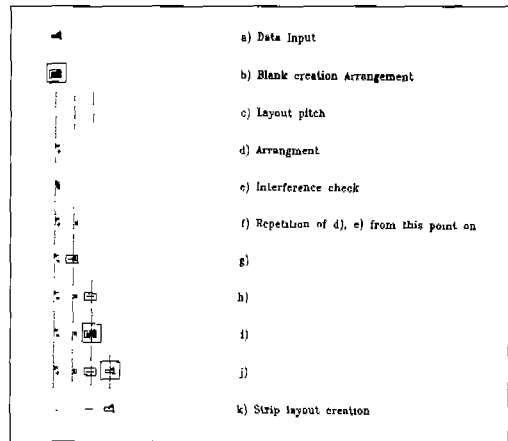


Fig. 11 Automatic strip layout program flow chart for a sample blank(1) with thickness 2.5mm

또한 두께가 각각 0.1mm, 4mm인 Fig. 2와 같은 불규칙한 형상의 박판 제품에 대하여 가공 가능성 검사 모듈에서의 결과를 판단의 근거로 스트립 레이아웃 모듈에서 수행되어진 출력 결과들을 Fig. 12와 Fig. 13에 각각 나타내었다.

Fig. 12에는 불규칙한 형상의 내부 및 외부 영역에서 가공이 가능하므로 한 공정으로 공정 설계 도면이 창출되었다. 두께가 4mm인 Fig. 2와 같은 불규칙한 형상에 대해서는 형상의 내부 영역에서의 가공은 가능하지만, 선과 선 사이의 가공 가능한 최소 거리를 나타낸 외부 영역에

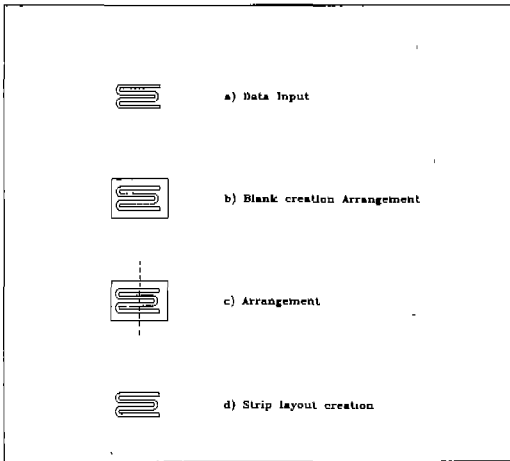


Fig. 12 Automatic strip layout program flow chart for a sample blank(2) with thickness 0.1mm

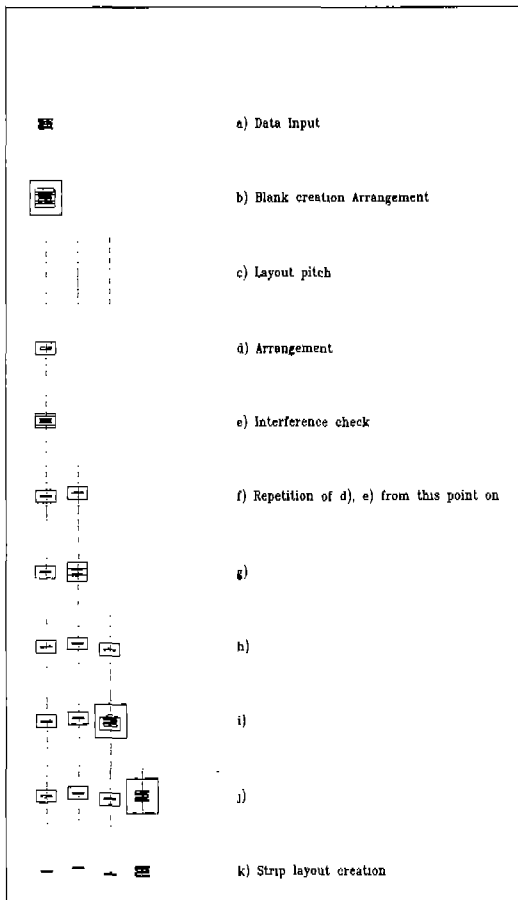


Fig. 13 Automatic strip layout program flow chart for a sample blank(2) with thickness 4mm

서의 가공이 불가능하므로써 외부 영역의 피어싱 가공을 고려한 공정 설계가 이루어지고 이를 Fig. 13에 나타내었다.

따라서 본 연구에서 개발된 공정 설계 시스템을 사용하면 시스템의 스트립 레이아웃 모듈은 임의의 형상을 가진 불규칙한 박판제품에 대하여 공정 설계를 자동적으로 수행시킴으로써 경험이 없는자라도 쉽고 정확하게 원하는 공정 설계 도면을 창출할 수 있고 이로 인하여 설계시간의 단축을 가져 올 수 있으므로 현장 적용이 기대된다.

4. 결론

임의의 형상을 가진 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정 설계를 수행할 수 있는 지적인 CAD시스템을 개발하였다. 이 시스템은 산업 현장에서의 적용이 용이하고 사용자와의 대화식으로 유연성을 가지고 있어서 산업 현장에서의 데이터 추가가 가능하도록 되어있으며 AutoCAD환경 하에서 구축되었다. 블랭킹 및 피어싱용 공정 설계에 대한 지식은 소성이론, 관련논문, 보고서, 현장 기술서, 실제 공정도, 현장 기술자와의 인터뷰를 통하여 얻어졌고 이를 정식화하여 각 모듈의 규칙 베이스를 구성하였다.

본 연구에서는 이와같은 시스템을 개발함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가공 가능성 검사 모듈에서는 임의의 형상을 가진 박판제품에 대하여 제품의 가공 가능성 여부를 검사하여 가공이 불가능할 때는 선과 원, 선과 호, 선과 선의 최소 거리에 대한 가공 가능한 영역과 제품의 코너 및 필렛 반경, 형상 내부 구멍의 가공 가능한 치수로 수정된 재 설계 도면을 창출한다. 그리하여 실제 생산에서 발생할 수 있는 오류를 사전에 방지할 수 있을 것이다.
2. 스트립 레이아웃 모듈에서는 불규칙한 형상 내부의 가공은 가능하지만 형상 외부 영역에서 선과 선의 최소 거리의 가공이 불가능한 경우에는 가공 불가능한 형상 외부 영역에서 피어싱 가공의 가능 여부를 판단하여 형상의 외부에서도 피어싱 가공을 하여 원하는 제품을 얻 도록하는 공정 설계 시스템을 구축했다. 그리하여 본 시스템은 임의의 형상을 가진 박판제품에 대하여 공정설계를 수행할 수 있다.
3. AutoCAD하에서 지원되는 AutoLISP언어를 사용하

여 대화식으로 구성된 프로그램을 개발 함으로써 경험이 없는 자라도 쉽고 정확하게 원하는 공정 설계 도면을 창출할 수 있고 이로 인하여 설계시간의 단축을 가져 올 수 있으므로 현장적용이 기대된다.

개발된 시스템은 보다 적용성이 좋은 시스템으로 만들기 위해서 몇가지 연구들이 추가 되어야 할 것으로 생각된다. 먼저 본 연구에서 생략된 블랭킹 및 피어싱 공정의 검증 과정을 이루기 위해서는 유한 요소 시뮬레이션 코드와 자동 연결 될 수 있도록 시스템의 출력을 개선하여야 할 것이다. 또한 생산 현장의 전문가와의 공동 연구 및 기술 관련 인터뷰를 통하여 많은 설계 지식을 보완하고 정식화하는 작업이 요구된다.

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", Proceedings 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", 한국 정밀 공학회지, 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", 한국 정밀 공학회지, 제13권, 제9호, pp. 46-53, 1996.
7. 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.
8. 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.
9. 이 승희, 한 윤희, 김 세환, 금형설계 자료집, 대광서림, pp. 368-450, 1992.
10. F. Strasser, "the secret of successful press tool design", Tooling, February, 1976.
11. D.F. Eary, E.A. Reed, "Technique of press-working sheet metal", Prentice-hall, Inc., 1974.
12. F.W. Wilson, P. H. Harvey, "die design handbook", Mcgraw-hill company, 1963.
13. K. Lange, "Handbook of metal forming", Mcgraw-Hill book company, pp. 24.1-26.1, 1970.
14. 박 상봉, 최 영, 김 병민, 최 재찬, "축대칭 디프-드로잉 공정의 CAD/CAM 시스템", 한국 정밀공학회지, 제13권, 제6호, pp. 27-33, 1996.
15. 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.