

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

스테이터 및 로터의 블랭킹 및 피어싱에 관한 자동화된 금형설계 시스템

최재찬*, 김병민*, 조해용**, 김철***

An Automated Die Design System for Blanking and Piercing of Stator and Rotor Parts

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

ABSTRACT

This paper describes a research work of developing a computer-aided design of blanking and piercing for stator and rotor parts. Based on knowledge-based rules, the die design system, STRTDES2, is designed by considering several factors, such as complexities of blank geometry and punch profile, and availability of press equipment and standard parts. Therefore this system can carry out a die design for each process which is obtained from the result of an automated process planning system, STRTDES1 and generate part drawing and the assembly drawing of die set in graphic forms. Knowledges for die layout are extracted from plasticity theories, relevant references and empirical know-hows of experts in blanking industries.

Key Words : Blanking & Piercing(블랭킹/피어싱), Knowledge Based Rules(지식 베이스 규칙), Die Design(금형 설계), Stator and Rotor(스테이터와 로터)

1. 서론

최근 부품의 소형화, 경량화 및 고속 생산화의 경향에 따라 각종 금형설계의 표준화가 절실히 요구되고 있다. 특히 펀치와 다이틀 이용하여 판재로부터 원하는 형상의 부품을 생산하는 전단가공은 부품의 호환성 및 정밀도 측면에서 이러한 표준화가 더욱 요구되고 있다. 그런데 블랭킹 또는 피어싱과 같은 전단가공의 공정 및 금형 설계

는 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⁾

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. 그

* 부산대학교 정밀정형 및 금형가공연구센터, 기계설계공학과
** 충북대학교 정밀기계공학과
*** 부산대학교 대학원 기계설계공학과

러나 이 시스템의 단점은 반자동이고 긴 공정시간이 소요되는 것이다. Shibata 와 Kunitomo⁽³⁾는 블랭크와 다이 레이아웃의 화면 출력을 목적으로하는 CAD/CAM 시스템을 개발하였고, Nakahara⁽⁴⁾ 등은 프로그래시브 다이 설계를 위한 시스템을 개발하였다. 하지만이 시스템 역시 스트립 레이아웃과 다이 레이아웃이 설계자에 의해서 행해지는 반자동적인 요소를 극복하지 못하였다. Choi⁽⁵⁾ 등은 스테이터와 로터의 블랭킹에 관한 공정설계 및 금형설계 시스템인 "STRTDES"를 개발했으며 뒤에 스테이터와 로터 및 불규칙한 제품에 대하여 다이의 블랭크를 고려한 개선된 방식과 재료 이용률을 최소화 하는 공정설계가 자동적으로 이루어지는 "STRTDES1"시스템⁽⁶⁾을 개발했다.

그런데 지금까지의 연구에서는 금형의 부품도 및 총조립도를 출력하는 시스템은 없었다. 따라서 본 연구에서는 "STRTDES1"을 확장 보완하여 각각의 공정에 대한 금형설계가 자동적으로 이루어지고 금형의 부품도 및 총조립도를 도면으로 출력하는 완전 자동화 시스템을 개발하고자 한다.

2. 시스템의 구성

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

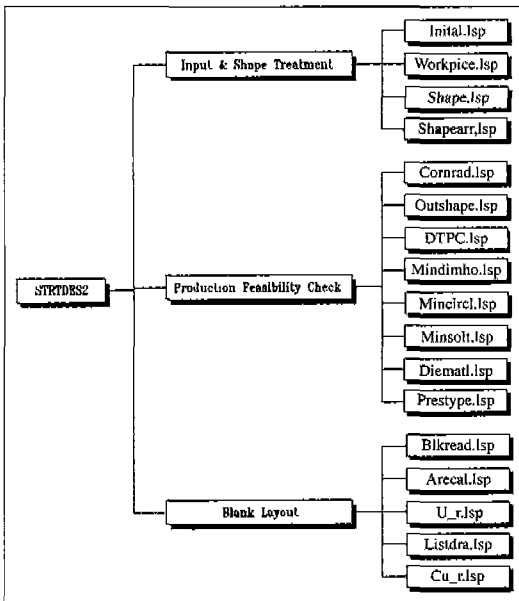


Fig. 1 System configuration(1)

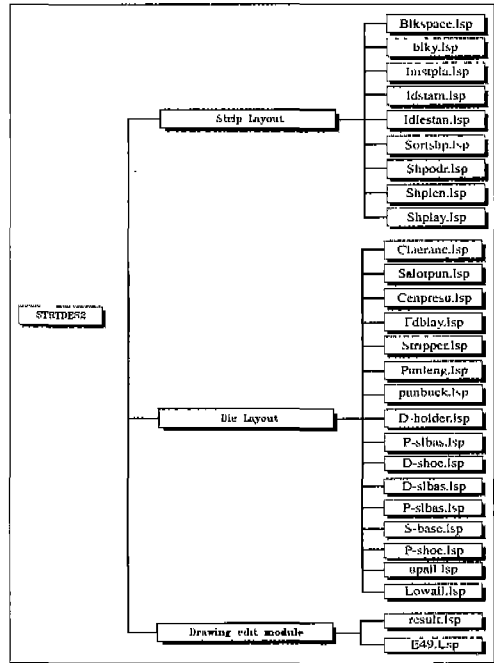


Fig. 1 System configuration(2)

시스템인 "STRTDES1"에 다이레이아웃 모듈을 강화시킨 금형설계 자동화 시스템(STRTDES2)을 개발하고자 하였다. 본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 가공 가능성 검사모듈, 블랭크 레이아웃모듈, 스트립 레이아웃 모듈, 다이 레이아웃 모듈, 도면 편집 모듈로 나뉘어져있다. 본 시스템은 하나의 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙 베이스와 데이터 베이스를 공유하므로 수행중 시스템을 중단하지 않고서 모든 과정을 수행 할 수 있는 장점이 있다. 또한 시스템의 진행 방식은 선택의 다양성을 위하여 대화식을 이용하였다. 개발된 "STRTDES2"시스템의 구조는 Fig. 1과 같다.

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 도면화된 파일을 스크린 상에 나타냄으로써 제품의 형상이 처리된다. 입력된 형상을 프로그

램에서 취급하기 위하여 형상 데이터는 수치형태로 변환되어 저장되어진다.

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.

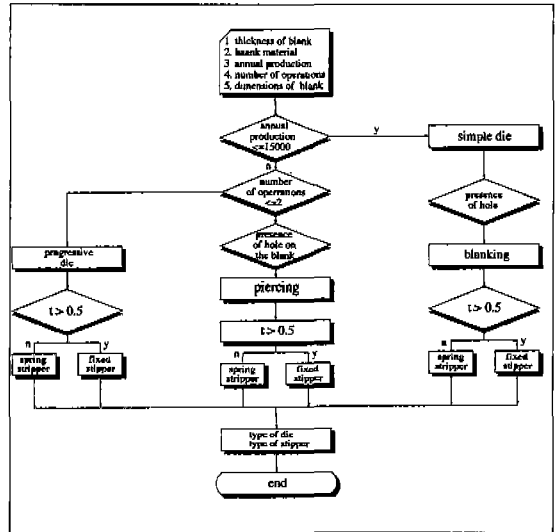


Fig. 2 Flowchart for the selection of die

2-3 블랭크 레이아웃 모듈⁽⁶⁾ (blank layout module)

블랭크 레이아웃 모듈에서는 스트립의 압연 방향, 제품의 최외각 여유폭을 고려한 후 재료의 이용률⁽⁶⁾을 최대로 하기 위하여 블랭크들을 스트립에 배열하는 방법을 정하는 모듈이다. 불규칙한 형상⁽⁷⁾에 대해서는 단일 배열로 해서 최적의 블랭크 레이아웃을 구했으며 스테이터와 로터의 경우에는 이열 배열로 확장시켜서 최적의 블랭크 레이아웃을 구했다.

2-4 스트립 레이아웃 모듈⁽⁸⁾ (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.

2-5 다이 레이아웃 모듈⁽⁷⁻¹⁴⁾ (die layout module)

다이 레이아웃 모듈에서는 스트립 레이아웃 모듈에서 얻어지는 공정에 대한 플레이트 상의 공구배치 정보를 이용하여 설계규칙을 만족하는 금형 구조와 부품들이 자동적으로 설계된다. 이 모듈에서는 블랭크 형상의 복잡성, 연간 생산 수량, 공정 수, 블랭크의 재질, 블랭크의 크기 등을 고려하여 다이 및 스트리퍼 플레이트의 형태가 결정된다. 이에 대한 흐름도는 Fig. 2에 나타내었다.

그리고 이 모듈에서는 다이 면압을 고려한 다이외경에 의한 다이블록의 크기, 다이와 펀치사이의 틈새로 인한 기하

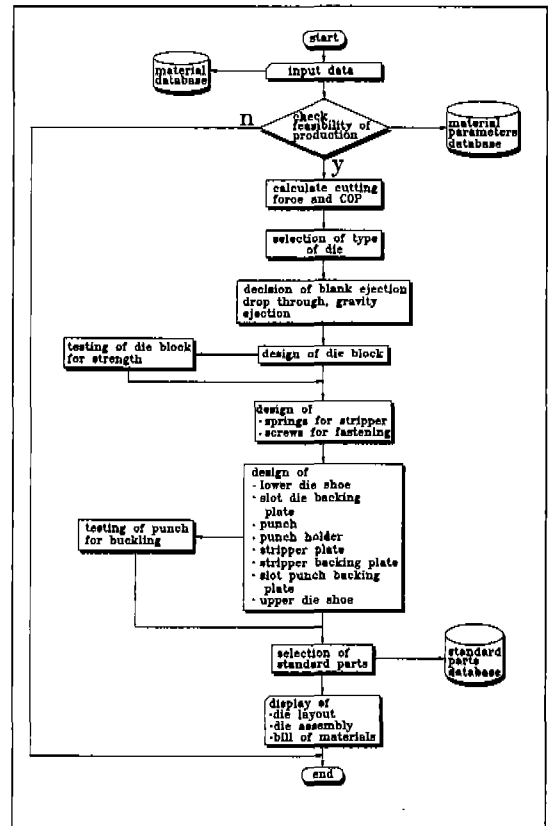


Fig. 3 Structure of the die layout module

학적인 형상, 펀치의 좌굴 여부, 힘의 균형을 위한 하중의 중심점, 스트리핑력에 의한 스프링의 수와 배열, 체결 볼트의 수와 배열이 결정된다. 다이레이아웃 모듈에서는 형상을 자동적으로 보상하기 위하여 스트립 레이아웃의 각 단계별로 블랭크 형상에 근거한 다이부시와 펀치들의 기하학적 형상들의 값이 계산된다. 또한 '다이 레이아웃 면적'의 값에 근거하여 다이 및 스트리퍼 플레이트의 두께, 가이드 포스트의 직경, 작동 길이, 다이세트의 폭이 데이터 베이스로부터 결정되어진다.

다이 레이아웃에 대한 알고리즘(algorithm)은 Fig. 3에 나타내었다.

다이 규칙

규칙1) 하나의 다이인지 혹은 분리된 다이인지 혹은 복합설계(인서트, 부시 등)다이인지를 결정한다.

규칙2) 다이 플레이트 오프닝에서 각도 틈새는 측면(side)당 1/4 - 1°로 가능한 적어야한다.

규칙3) 다이 블록 두께의 결정은 블랭크의 크기, 판재두께, 소재의 전단강도에 의존한다.

규칙4) 절단날과 다이블록의 바깥모서리 사이의 최소거리인 입체거리는 작은 다이에서는 판 두께의 1.0 - 1.5배이며 큰 다이에서는 1.5 - 2.0배이다. 간단한 절단윤곽에 대해서는 낮은 값을 취하고 복잡한 블랭크 형상에 대해서는 높은 값을 취한다.

규칙5) 보통의 표준다이에 대하여 연마 허용량은 0.25보다 크지 않다.

규칙6) 슬러그(slug)가 다이 플레이트에서 피어싱 구멍을 막지 않도록 한다.

규칙7) 스톱(stop) 핀은 블랭크 오프닝에 대하여 너무 가까이 위치해서는 안된다.

규칙8) 코너에 있는 구멍은 구멍의 중심선과 다이 플레이트 모서리 사이의 거리가 적어도 구멍 직경의 1.5배가 되는 곳에 위치되어야한다.

규칙9) 다이 블록을 고정시킬때 정확하고 가장 편리한 방법이 되도록한다.

규칙10) 체결 볼트의 개수는 스트리핑력에 의하여 아래식으로 계산되어진다.

$$F_{strip} = 300 \times d_f^2 \times n_f$$

여기서 d_f : 체결 볼트의 직경(cm)

n_f : 체결 볼트의 수

F_{strip} : 스트리핑력(kg)

규칙11) 블랭크력에 대한 측방력(side thrust)의 비는 가장 가혹한 조건인 0.2로 한다.

규칙12) 다이의 측면에 작용하는 면압은 아래식으로 결정한다.

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

여기서 F_d : 추력 BLR : 소재 두께에 대한 버니쉬 길이 비 P_{face} : 다이의 측면에 작용하는 면압 L_{shear} : 전단 길이의 총합
 규칙13) 다이의 측면에 작용하는 면압에 견딜 수 있는 다이의 외경은 아래식으로 결정한다.

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

여기서 m : $1 \leq m \leq 1.155$

σ_y : 다이의 항복 강도

규칙14) 다이블록의 크기는 다음의 조건식으로 계산되어진다.

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

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

여기서 n : 공정수 $condifact$: 규칙4)로 부터 결정.

규칙15) 프레스의 용량이 결정되면 다이블록의 전장은 결정된다.

규칙16) 프로그레스브 다이에서의 하중(P)은 아래식으로 결정한다.

$$P = L_{shear} \times t \times S$$

여기서 L_{shear} : 전단 길이의 총합 t : 소재의 두께

S : 전단 저항

규칙17) 다이블록의 두께는 사용자의 입력사항으로 하며 만약 다이블록의 두께가 입력되지 않으면 소재의 두께에 따라 결정된다.

규칙18) 다이블록의 두께에 대한 검증은 블랭크가 원형이면 아래의 식으로 한다.

$$H^2_{dblock} \geq \frac{2.5P}{\sigma_{ai}} \left(1 - \frac{D_{bla}}{1.5D_{dblock}} \right)$$

여기서 D_{bla} : 제품의 최외각 형상의 직경 D_{dblock} : 다이블록의 직경

규칙19) 다이블록의 두께에 대한 검증은 블랭크의 형상이 원형이 아니면 아래의 식으로 한다.

$$H_{dblock} \geq kP^{\frac{1}{3}}$$

여기서 k : 펀치의 윤곽길이에 관련된 보정계수

규칙20) 취출방법이 중력 낙하 방식이고 체로 여유각이면 다이랜드부의 길이는 Table 1로 부터 결정된다.

Table 1 Die land length according to material thickness

Material Thickness (mm)	Die Land Length (mm)
0.0 ~ 0.5	3 ~ 5
0.5 ~ 5.0	5 ~ 7
5.0 ~ 10.0	10 ~ 15

규칙21) 취출 방법이 증력 낙하 방식이고 제로 여유각이 아니면 다이랜드부의 여유각은 Table 2 로 부터 결정된다.

Table 2 Relief angle according to material thickness

Material Thickness(mm)	Draft Angle
0.0 < t ≤ 0.5	0.1' ~ 15'
0.5 < t ≤ 1.0	15' ~ 20'
1.0 < t ≤ 2.0	20' ~ 30'
2.0 < t ≤ 4.0	30' ~ 40'
4.0 < t	45' ~

규칙22) 취출 방식이 녹아웃방식(Knockout Type)이면 녹아웃을 설치한다.

규칙23) 프로그레스브 다이에서의 전 전단길이에 대한 하중 중심점은 아래의 식과 같다.

$$X = \frac{\sum E_i X_i}{\sum E_i}$$

$$y = \frac{\sum E_i y_i}{\sum E_i}$$

여기서 E_i : 각 엔티티의 전단 길이

규칙24) 맞춤 편에 대한 모든 구멍들은 드릴링되고 리밍 되어져야한다.

규칙25) 맞춤 편 및 체결 볼트의 위치는 Table 3에 의하여 결정되어 진다.

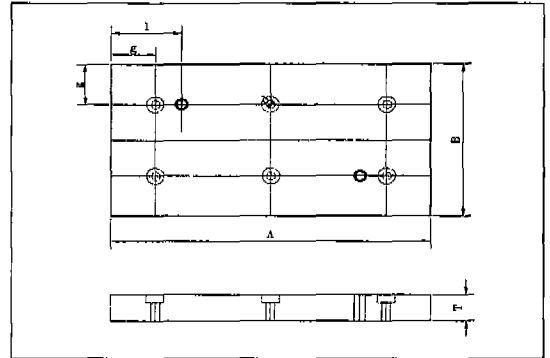
규칙26) 스트리퍼 플레이트의 전장은 다이블록의 전장과 같이 한다.

규칙27) 스트리퍼 플레이트가 고정식이면 형상과 치수는 아래와 같다.

$$H_{stripper} = t + 2.4mm, \quad A_{stripper} = (1/7) \times t + 0.5$$

$$T_{stripper} = (W/30) + 2t \quad h_{stripper} = H_{stripper} + T_{stripper}$$

Table 3 Determination of the thickness for stripper and the diameter for fastener and dowel pin according to die set size



번호	호칭치수	A	B	T		공칭나사	다우핀	
				스트리퍼 플레이트	h			
1	80×80	80	72	10.16	12	30	M8	8
2	100×80	100	72	10.16	12	30	M8	8
3	100×100	100	98	10.16	12	30	M8	8
4	125×80	125	72	10.16	12	30	M8	8
5	125×100	125	72	10.16	12	30	M8	8
6	125×125	125	98	10.16	12	30	M8	8
7	150×100	150	98	16.22	12	30	M8	8
8	150×150	150	146	16.22	12	30	M8	8
9	180×125	180	122	16.22	12	42	M8	10
10	150×180	180	176	16.22	12	42	M8	10
11	210×100	210	98	16.22	12	42	M8	10
12	210×150	210	146	16.22	12	42	M8	10
13	210×210	210	196	16.22	12	42	M8	10
14	250×125	250	122	16.22	15	45	M10	10
15	250×180	250	176	16.22	15	50	M10	12
16	250×250	250	246	22.28	15	50	M10	12
17	300×125	300	122	16.22	15	50	M10	12
18	300×180	300	176	22.28	15	50	M10	12
19	300×250	300	246	22.28	18	55	M12	12
20	300×300	300	296	22.28	18	55	M12	12

규칙28) 스트리퍼 플레이트가 스프링식이면 Table 4로부터 C_{strip} 을 구한 후 스트리퍼력을 아래의 식으로 결정한다.

$$F_{strip} = P \times (1.1 \sim 1.2) C_{strip}$$

규칙29) 상부다이의 공간은 사용되는 스프링의 최대치름을 제한한다.

규칙30) 스트리퍼 플레이트가 스프링식이면 스프링의 치수는 KS규격에서 선정한다.

규칙31) 스프링의 외경은 KS규격에 따라 사용자가 입력한다.

규칙32) 스프링의 예비압축량 (l_{precom})은 3mm부터

Table 4 Stripping factor C_{strip}

Clearance [%]	C_{strip}
0.0 ~ 2.5	0.2
2.5 ~ 5.0	0.15
5.0 ~ 7.5	0.1
7.5 ~ 10	0.05
10.0 ~ 12.5	0.025

6mm 중에서 선택한다.

규칙33) 스프링의 작동시 압축길이는 아래의 식으로 구한다

$$l_{workcom} = t + l_{punch} + l_{stripper}$$

여기서, $l_{workcom}$: 스프링의 작동시 압축 길이

l_{punch} : 다이 닫힘시 펀치의 진입량

$l_{stripper}$: 다이 열림시 스트리퍼 플레이트의 진입량

규칙34) 스프링의 전체 압축길이는 아래의 식으로 구한다.

$$l_{totcom} = l_{prcom} + l_{workcom}$$

여기서, l_{totcom} : 스프링 전체 압축길이

l_{prcom} : 스프링 예비 압축량

규칙35) 스프링의 자유 길이는 아래의 식으로 구한다.

$$l_{spring} = \frac{l_{totcom}}{C_{br}}$$

여기서, l_{spring} : 스프링의 자유길이 C_{br} : Table 5로부터 결정

Table 5 Bend ratio: C_b

	Light Load	Middle Load	Heavy Load	Extreme Load
Long Life	0.25	0.25	0.2	0.13
Short Life	0.30	0.30	0.25	0.17
Limits	0.375	0.35	0.3	0.20

규칙36) 스프링의 자유길이와 외경을 기준으로 스프링에 관한 데이터베이스에서 스프링을 선정한다.

규칙37) 선정된 스프링력은 아래의 식으로 결정한다.

$$F_{spring} = K_{spring} \times l_{totcom}$$

여기서, F_{spring} : 스프링력 K_{spring} : 스프링 상수

규칙38) 선정된 스프링력과 스트리핑력으로 부터 스프링의 갯수를 계산하고 스프링의 갯수가 너무 많거나 적은 경우에는 사용자는 요구하는 스프링의 갯수를 입력하여 스프링을 다시 선정한다.

규칙39) 스프링의 위치는 같은 피치로 일렬로 배열한다. 만약 같은 피치로 되지 않는 경우는 중심 점에서 같은 피치로 재조절한다.

규칙40) 다이와 펀치 사이의 틈새는 소재의 두께와 인장강도를 고려한 Table 6으로부터 결정한다.

Table 6 Clearance according to workpiece thickness and tensile strength

Workpiece Thickness (mm)	Tensile Strength (kg/mm ²)			
	< 25.5	25.5~40.32	40.32~61.22	> 61.22
~ 1	0.025	0.025	0.03	0.035
1 ~ 2	0.03	0.03	0.035	0.04
2 ~ 3	0.035	0.035	0.04	0.045
3 ~ 5	0.04	0.04	0.045	0.05
5 ~ 7	0.045	0.045	0.05	0.055
7 ~ 10	0.05	0.05	0.055	0.06

규칙41) 소재의 진 파괴 변형률을 알 경우에는 아래의 식으로 틈새를 결정한다.

$$C_c = \frac{t}{1.36 \exp(\epsilon_f) \left[\frac{2.3 \exp(\epsilon_f) - 1}{2 \exp(\epsilon_f) - 1} \right]}$$

여기서 C_c : 펀치와 다이 사이의 틈새 ϵ_f : 소재의 진 파괴 변형률

규칙42) 체결 볼트는 같은 피치의 직선으로 다이 블록의 주변에 위치한다.

규칙43) 스트립 레이아웃의 결과로부터 '다이 레이아웃 면적'이 계산되어진다.

규칙44) '다이 레이아웃 면적'의 값에 근거하여 다이 및 스트리퍼 플레이트의 두께, 가이드 포스트의 직경, 작동 길이, 다이블록의 폭, 다이 가장자리로부터 체결 볼트까지의 거리, 다이 블록의 가장자리로부터 맞춤 핀까지의 거리가 결정되어진다.

펀치 규칙

규칙1) 테이퍼진 머리를 가진 선단펀치는 몸체와 모서리 사이에 적절한 반경의 필렛을 가져야한다.

규칙2) 대형의 블랭킹 펀치 가까이에 있는 작고 가나다란 피어싱 펀치는 금속의 소성흐름에 기인한 비틀림과 파손을 피하기 위하여 더 짧게 만들어져야한다.

규칙3) 안내되지 않는 블랭킹 펀치는 펀치 높이의 폭을 가진 플랜지(머리)를 가져야한다.

규칙4) 대형의 블랭킹 펀치 가까이에 있는 작고 가나다란 피어싱 펀치는 금속의 소성흐름에 기인한 비틀림과 파손을 피하기 위하여 더 짧게 만들어져야 한다.

규칙5) 다이와 펀치사이의 틈새는 소재의 종류, 성질, 두께, 블랭크의 크기, 복잡한 형상의 정도에 따라서 결정되어진다.

규칙6) 원형 펀치의 몸체는 펀치 홀더에 의해 지지되는 부분에서만 가벼운 프레스 끼워 박음이 되게하고 나머지 부

분은 중간 끼워 박음이 되게한다.

규칙7) 펀치 몸체가 원형이면 원형의 절단형상들 이외의 경우에는 펀치의 회전이 방지되어야 한다.

규칙8) 펀치 홀더의 두께는 적어도 펀치샙크 직경의 1.5 배는 되어야하고 이외에도 안정성을 위하여 펀치 총길이의 약 0.25배가 되어야한다.

규칙9) 작은 직경의 섬세하고 가느다란 피어싱 펀치는 스트리퍼 플레이트 안에 놓여진 경화된 부시에 의하여 안내 되어져야한다.

규칙10) 가장 좋은 결과를 위하여 압축 스프링은 자유길이의 25% 이상 압축 되어져서는 안된다. 스프링의 자유 길이에 대하여 충분한 공간을 제공한다.

규칙11) 블랭킹을 할 경우 다이 오프닝의 치수는 제품의 치수와 일치시키고 펀치의 치수는 제품의 치수에서 틈새를 뺀 치수로한다.

규칙12) 피어싱을 할 경우 펀치의 치수는 제품의 치수와 일치시키고 다이 오프닝의 치수는 제품의 치수에서 틈새를 더한 치수로 한다.

규칙13) 슬로트 펀치의 길이는 스트리퍼 플레이트의 두께, 스트리퍼 배킹 플레이트의 두께, 펀치 홀더의 두께, 펀치의 진입량, 재연삭량 등을 더한 값보다 커야한다. 원형 블랭킹 펀치의 길이는 스트리퍼 플레이트의 두께, 스트리퍼 배킹 플레이트의 두께, 펀치의 진입량, 재연삭량을 더한 값보다 커야한다.

규칙14) 펀치의 길이는 좌굴에 대한 한계값보다 작아야한다.

. 펀치에 가이드가 없을 경우

$$l \leq \sqrt{(\pi^2 EI / 4CP)}$$

. 펀치에 가이드가 있을 경우

$$l \leq \sqrt{(2\pi^2 EI / CP)}$$

여기서 C: 안전 계수(2-3) l: 펀치의 길이 P: 작용하중 E: 종탄성 계수(kgf/mm²) I: 단면 2차 모멘트(kgf/mm⁴)

3. 시스템의 적용 및 결과

본 연구에서는 블랭킹 및 피어싱에 관한 공정설계 시스템 "STRIDES1"에서 생성된 공정에 대한 금형 부품들의 요소가 자동적으로 설계되어지는 금형설계 시스템인 "STRIDES2"를 개발하여 스테이터 및 로터에 적용하여 보았다. Fig. 4과 같은 스테이터와 로터의 실체도면과 데이터를 AutoCAD 화면상에 입력하면 형상이 자동으로 인식되어 가공 가능성 모듈로 입력 데이터의 값이 넘어가게된다.

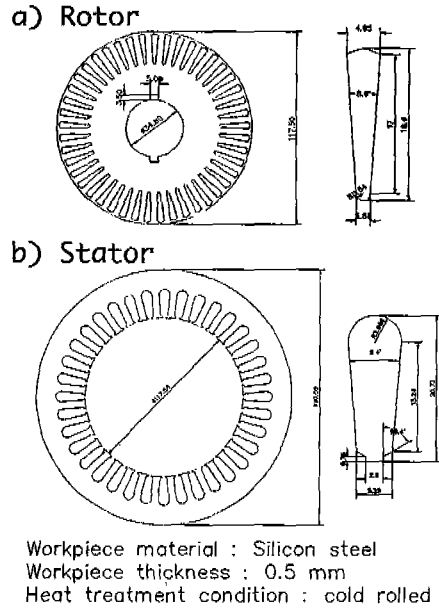


Fig. 4 Drawing of stator and rotor blank

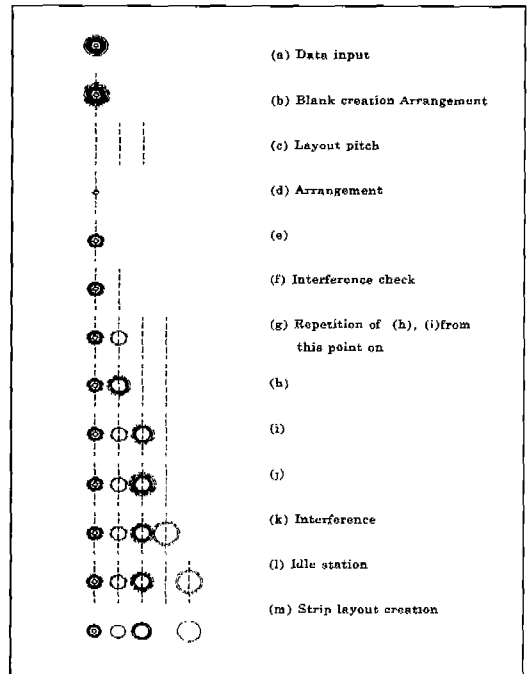


Fig. 5 Automatic strip layout program flowchart for Stator and Rotor

가공 가능성 검사 모듈에서는 제품의 가공 가능성 여부를 판단하여 가공 가능한 형상의 데이터를 블랭크 레이아웃 모듈로 넘기게된다. 이러한 가공 가능한 형상의 데이터를 받은 블랭크 레이아웃 모듈에서는 재료의 이용률이 최대로 되게하는 블랭크의 배열을 스트립에 정하여 그 결과를 스트립 레이아웃 모듈로 넘긴다. 스트립 레이아웃 모듈에서는 이러한 블랭크 배열의 정보를 가지고 공정 설계를 수행하여 그 결과를 다이레이아웃 모듈로 넘기게된다. Fig. 5는 스트립 레이아웃 모듈에서 수행되어진 결과를 나타내었다.

스트립 레이아웃 모듈의 결과로 얻어진 공정 설계의 정보를 가지고 금형 설계를 수행하기 위하여 다이레이아웃 모듈에서는 다이 및 스트리퍼 플레이트의 형태, 가공력 및 압력중심, 스트리퍼력, 다이와 펀치사이의 틈새, 다이 블록의 치수, 다이세트의 높이, 펀치길이 등을 고려한다. 다이 및 스트리퍼 플레이트의 형태를 결정짓는 요소는 연간생산 수량, 공정 수, 블랭크의 두께 및 재질이며 이러한 요소들에 의해 다이의 형태는 프로그레스프로, 스트리퍼 플레이트의 형태는 스프링 식으로 결정되어졌다.

계산되어진 각 공정별 가공력과 압력 중심으로 프레스가 선정되어지고 가공력으로부터 계산되어진 스트리퍼력은 스프링의 수, 체결 볼트의 수를 계산하여 같은 피치로 일직선 상에 배열되게한다. 그리하여 이 모듈은 금형 설계에 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화함으로써 설계지침을 표준화할 수 있으므로 초보자의 교육에 활용될 수 있을 것으로 생각된다. Fig. 6에는 계산되어진 각 공정별 가공력과 압력중심을 나타내었다.

Fig. 7과 Fig. 8에는 설계규칙에 의하여 펀치, 펀치 홀더, 상부 다이 슈(shoe), 슬로트 펀치 배킹 플레이트, 스트리퍼 배킹 플레이트, 스트리퍼 플레이트, 다이, 다이 블록, 하부 다이 슈, 슬로트 다이 배킹 플레이트의 출력도면을 나타내었다.

	Sheared Length (mm)	Required Load (ton)	Normal Pressure (kg/mm ²)
1st Stage	1962.28	54.9	56.0
2nd Stage	369.14	10.3	56.0
3rd Stage	2063.24	57.8	56.0
4th Stage	Idle	Idle	Idle
5th Stage	596.90	16.7	56.0
Total	4391.56	139.1	
Center of Pressure	113.65mm from Stator Slot Center Point		

Fig. 6 Calculated results of required load and sheared length for each process and center of pressure

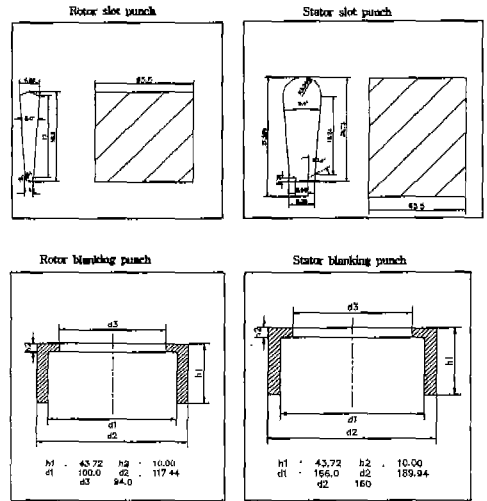


Fig. 7 Part drawings for a upper Die of stator and rotor: a) punch

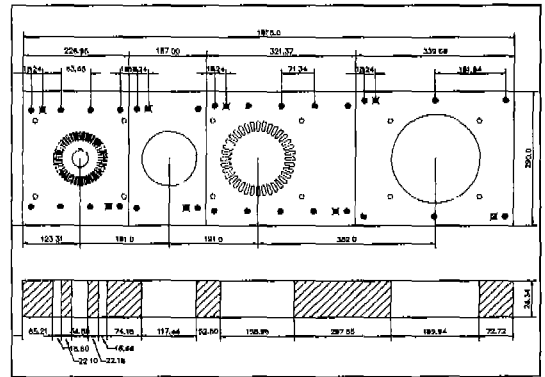


Fig. 7 Part drawings for a upper Die of stator and rotor: b) punch holder

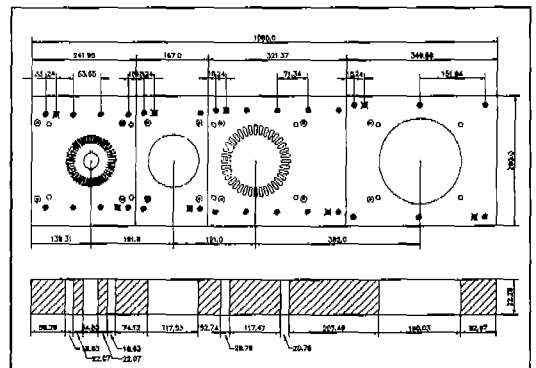


Fig. 7 Part drawings for a upper Die of stator and rotor: c) stripper plate

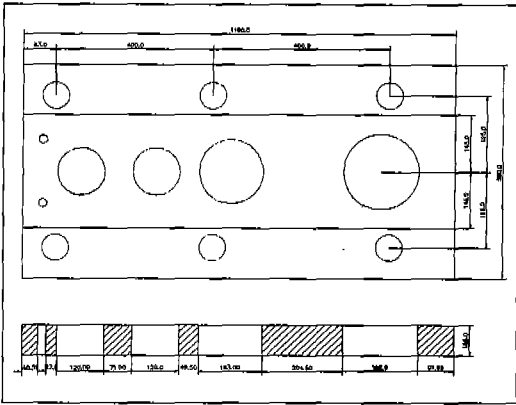


Fig. 8 Part drawings for a lower Die of stator and rotor:
d) lower die shoe

스트립 레이아웃에서 계산되어진 각 공정별 '다이레이아웃 면적' 값을 근거로 면압을 전달 수 있는 다이외경을 고려하여 다이블록의 길이와 폭을 구한 다음, 다이 블록의 치수는 데이터 베이스에 저장된 표준화된 다이블록의 치수에 가장 가까운 치수로 표준화된다. 표준화된 다이블록의 치수를 근거로하여 다이블록의 두께, 스트리퍼 플레이트의 두께, 다이블록 모서리로부터 맞춤 핀 및 볼트까지의 최소거리, 맞춤 핀의 직경, 볼트의 직경이 데이터 베이스로부터 구하여 진다. 그리하여 다이세트의 높이가 자동적으로 결정되어진다. 펀치의 길이는 펀치 홀더, 펀치 배킹 플레이트, 스트리퍼 플레이트, 스트리퍼 배킹 플레이트의 두께 및 작동길이등을 고려하여 계산되어진다. 다이 레이아웃 모듈에서 수행되어진 결과로부터 구해진 스테이터의 슬롯용 펀치길이는 65.5mm, 블랭킹용 펀치길이는

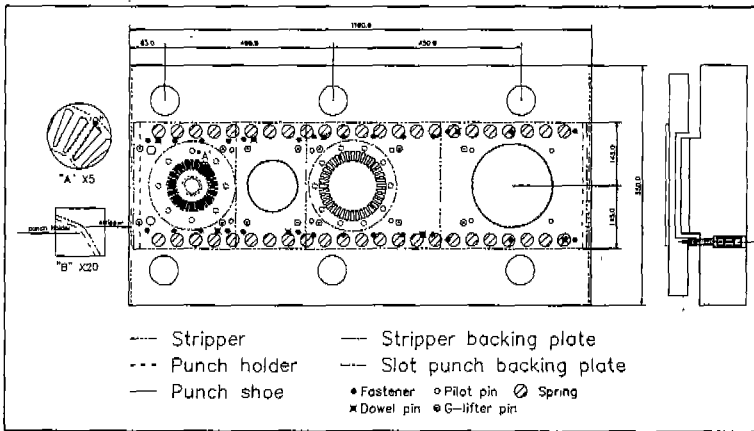


Fig. 9 The construction of upper die (punch parts)

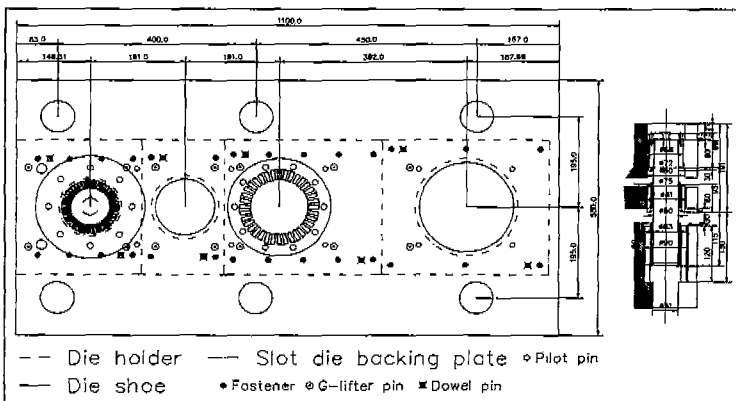
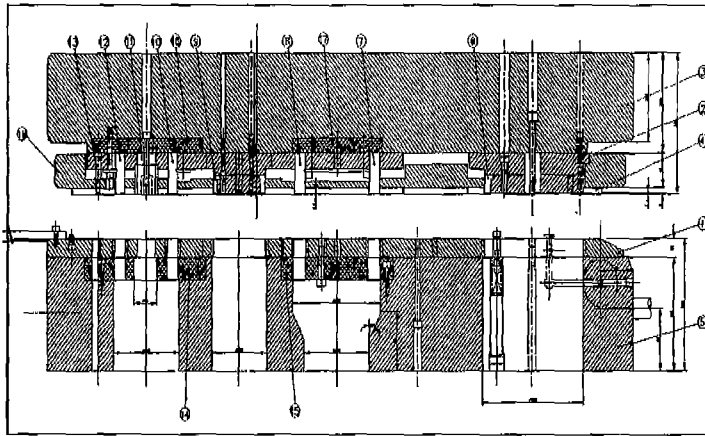


Fig.10 The construction of lower die (die parts)



NUMBER	1	2	3	4	5	6
NAME	DIE BLOCK	PUNCH HOLDER	UPPER DIE SHOE	STRIPPER	LOWER DIE SHOE	STATOR BLANKING PUNCH
MATERIAL	D40	SKS3	SKS41	SKS3	SKS41	D30
QUANTITY	1	1	1	1	1	1
REMARK						

NUMBER	7,8	9	10,12	11	13
NAME	STATOR SLOT PUNCH	ROTOR BLANKING PUNCH	ROTOR SLOT PUNCH	ROTOR SHAFT PUNCH	PILOT PUNCH
MATERIAL	D30	D30	D30	D30	D30
QUANTITY	36	1	45	1	2
REMARK					

NUMBER	14,15	16,17	18
NAME	SLOT DIE BANKING PLATE	SLOT PUNCH BANKING PLATE	STRIPPER BACKING PLATE
MATERIAL	SKS3	SKS3	SM45C
QUANTITY	2	2	1
REMARK			

Fig.11 A structure of progressive die and bills-of-materials

43.72mm로써 펀치의 좌굴 검증 결과 안전함을 알 수 있고 제품도면에서 피어싱되는 슬롯 부분의 치수는 펀치 치수와 블랭킹되는 부분의 치수는 다이 치수와 일치함을 보였다.

도면 편집 모듈에서는 다이 레이아웃 모듈에서 수행되어진 금형 부품도들의 데이터를 이용하여 상부 다이 및 하부 다이의 조립도를 생성한다. Fig. 9와 Fig. 10에 생성된 상부 다이 조립도 및 하부 다이 조립도를 각각 나타내었다.

Fig. 11에는 AutoCAD상에 입력된 스테이터와 로터에 대하여 다이레이아웃 모듈에서 얻은 정보를 가지고 도면 편집 모듈에서 수행되어진 금형의 총조립도와 재료표를 나타내었다.

따라서 경험이 없는 초보자라도 공정 및 금형설계를 할 수 있고 설계지침을 표준화시킴으로써 시간과 경비를 줄

일 수 있을 것으로 생각된다. 또한 개발된 시스템을 AutoCAD환경에서 구현함으로써 시스템의 결과를 다른 CAE 소프트웨어(FEM Simulation Code) 및 CAM 가공용 소프트웨어와 원활한 연결을 할 수 있도록 하였다.

4. 결 론

본 연구에서는 스테이터와 로터 및 불규칙한 형상의 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 금형설계를 수행하는 "STRIDES2"시스템을 개발하였다.

이 시스템은 이미 개발된 공정설계 시스템인 "STRIDES1"의 출력을 이용하도록하여 공정설계 및 금형설계의 자동화 시스템을 구축하였다. 개발된 금형설계 시스템을 이용하면 초보자라도 쉽게 성공적인 공정 및 금형을

설계할 수 있으므로 숙련된 기술자를 양성하는데 필요한 시간과 비용을 대폭적으로 줄일 수 있다. 또한 숙련된 설계자의 공정설계 및 금형설계의 결과는 설계자의 경험에 따라 다르므로 초보자의 교육 및 제품생산에 있어 표준화된 설계지침을 확립하기 어렵게 만든다. 그러나 공정설계 및 금형설계에 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계질차를 정식화함으로써 설계지침을 표준화할 수 있으며 초보자의 교육에 쉽게 활용될 수 있다. 그리고 개발된 시스템을 AutoCAD환경에서 구현함으로써 시스템의 결과를 다른 CAE 소프트웨어(FEM Simulation Code) 및 CAM 가공용 소프트웨어와 원활한 연결을 할 수 있도록 하였다. 블랭킹 및 피어싱 공정 및 금형의 검증과정을 이루기 위해서는 유한요소 시뮬레이션 코드와 자동 연결될 수 있도록 시스템의 출력을 개선하여야 할 것이다.

참고 문헌

- G. Schaffer, "Computer design of progressive dies", Am. Mach, Vol. 22, pp. 73-75, 1971.
- 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.
- Y. Shibata and Y. Kunimoto, "Sheet metal CAD/CAM system", Bull. Jpn. Soc. Prec. eng., Vol. 15, pp. 219-224, 1981.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 이 승희, 한 윤희, 김 세환, 금형설계 자료집, 대광서림, pp. 368-450, 1992.
- F. Strasser, "the secret of successful press tool design", Tooling, February, 1976.
- D.F. Eary, E.A. Reed, "Technique of press working sheet metal", Prentice-hall, Inc., 1974.
- F.W. Wilson, P. H. Harvey, "die design handbook", Mcgraw-hill company, 1963.
- K. Lange, "Handbook of metal forming", Mcgraw-Hill book company, pp. 24.1-26.1, 1970.
- 박 상봉, 최 영, 김 병민, 최 재찬, "축대칭 디프드로잉 공정의 CAD/CAM 시스템", 한국 정밀공학회지, 제13권, 제6호, pp. 27-33, 1996.