

박판제품의 블랭킹 및 피어싱과 굽힘 가공을 위한 순차이송용 공정 및 금형 설계와 가공자동화 시스템

최재찬* · 김 철*

(1998년 3월 30일 접수)

A Progressive Automated-Process Planning and Die Design and Working System for Blanking or Piercing and Bending of Sheet Metal Product

J.C. Choi and Chul Kim

Abstract

This paper describes a research work of developing a computer-aided design and manufacturing of irregular shaped sheet metal product for blanking or piercing and bending operations. An approach to the system is based on the knowledge-based rules. Knowledge for the system is formulated from plasticity theories, experimental results and the empirical knowledge of field experts. This system has been written in AutoLISP on the AutoCAD and in customer tool kit on the SmartCAM with a personal computer and is composed of nine modules, which are input and shape treatment, flat pattern-layout, production feasibility check, blank-layout, strip-layout, die-layout, data-conversion, modelling, and post-processor module. Based on the knowledge-based rules, the system is designed by considering several factors, such as material and thickness of product, complexities of blank geometry and punch profile, diameter and material of a wire, and availability of press. This system is capable of unfolding a formed sheet metal to give flat pattern and automatically account for the adjustment of bending allowances to match tooling requirements by checking dimensions and generating NC data automatically according to drawings of die-layout module. Results carried out in each module will provide efficiencies to the designer and the manufacturer of blanking or piercing and bending die in this field.

Key Words : Blanking, Piercing, Bending, Input and Shape Treatment, Flat Pattern-Layout, Production Feasibility Check, Blank-Layout, Strip-Layout, Die-Layout, Data-Conversion, Modelling, Post-Processor

1. 서 론

최근 산업의 소형화, 경량화 및 고속화의 경향에 따라 각종 금형설계의 표준화가 절실히 요구되고 있다. 특히 편치와 다이를 이용하여 판재로부터 원하는 형상의 부품을 생산하는 전단가공은 부품의 호환성 및 정밀도 측면에서 더욱 이러한 표준화가 요구되고 있다. 그런데 굽힘을 갖는 블랭킹 또는 피어싱 가공의 경우에, 가공가능성 검사, 블랭크-레이아웃, 스트립-레이아웃은 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의해 수행되어왔다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 숙련된 기술자의 경험을 정식화하여 컴퓨터를 이용한 설계 자동화에 관한 연구가 진행되고 있다.⁽¹⁻¹¹⁾ 1971년에 Shaffer⁽¹⁾가 Progressive Die Design by Computer(PDDC) system을 개발했으며 뒤에 Fogg와 Jaimson⁽²⁾은 다이-레이아웃에 영향을 미치는 여러 가지 요소들을 고려한 한층 더 개선된 PDDC system을 개발했다. 그러나 이 시스템의 단점은 반자동이긴 공정시간이 소요된다는 것이다. Shibata 와 Kunitomo⁽³⁾박판제품의 블랭킹 및 피어싱과 굽힘 가공을 위한 순차이송용 공정 및 금형 설계와 가공자동화 시스템은 블랭크-레이아웃과 다이-레이아웃의 화면출력만을 목적으로 하는 CAD/CAM 시스템을 개발하였고, Nakahara⁽⁴⁾ 등은 프로그래시브 다이-레이아웃을 위한 시스템을 도입하였다. 또한 최근에는 금형 제작 과정에서 많은 시간과 인력을 필요로 하는 공정 및 금형 설계에 있어서 컴퓨터의 정확하고 신속한 처리로 설계시간 단축을 통한 생산성 향상이 요구되며, CAD 데이터를 활용하여 금형 부품의 가공을 수행할 수 있는 CAM시스템의 개발이 시급히 요청되고 있다.

본 연구에서는 굽힘반경, 굽힘각도, 재질 및 두께에 따른 굽힘여유량을 고려한 펼친형태의 도면을 창출시키는 플랫패턴-레이아웃모듈, 제품의 내부형상이 블랭킹 및 피어싱과 벤딩에 미치는 영향을 고려한 가공가능성검사모듈, 스트립의 굽힘강도를 고려한 굽힘가공가능영역에서 최대재료이용률을 구하는 블랭크-레이아웃모듈, 굽힘 및 피어싱 공정을 갖는 불규칙형상 박판제품의 순차이송 가공을 위하여, 제품의 외부영역에서 펼친형상의 분할이 자동으로 이루어져서 블랭킹 및 피어싱과 굽힘의 공정설계를 수행하는 스트립-레이아웃모듈, 스트립-레이아웃에 따라 금형부품의 설계를 수행하는 다이-레이아웃모듈, 다이-레이아웃모듈에서 창출된 다이-레이아웃도면들의 CAD 데이터를 개발된 시스템의 CAM부분으로 데이터를

전송시켜서 SmartCAM 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태로 CAD데이터를 변환시키는 데이터-변환모듈, CAM소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태로 변환된 다이-레이아웃도면의 블랭크 형상에 대하여 모델링을 수행하는 모델링모듈, 모델링모듈에서 수행된 블랭크 형상에 따라 NC 가공 데이터를 자동으로 생성시키는 포스트-프로세스모듈을 개발했다.

2. 시스템의 구성

본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 플랫패턴-레이아웃모듈, 가공가능성 검사모듈, 블랭크-레이아웃모듈, 스트립-레이아웃모듈, 다이-레이아웃모듈, 데이터-변환모듈, 모델링모듈 및 포스트-프로세스모듈로 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.

굽힘 및 피어싱 공정을 갖는 불규칙형상 제품도면을 AutoCAD상에 나타내어 개발된 시스템에서 로딩(load)시키면, 시스템의 입력모듈에서는 도면을 자동적으로 인식하고 제품에 대한 데이터의 입력을 요구한다. 입력된 데이터는 굽힘여유량을 고려하여 펼친형태의 도면을 창출하는 플랫패턴-레이아웃모듈에 전달된다. 플랫패턴-레이아웃모듈에서는 그 결과를 내부형상의 거리, 코너 및 펠렛반경, 피어싱될 최소구멍의 직경, 굽힘선과 내부형상 사이의 거리를 검사하는 가공가능성 검사모듈로 넘긴다. 가공가능성 검사모듈에서는 굽힘강도를 고려한 굽힘가공가능영역의 범위에서 재료이용률을 최대로 하는 블랭크의 배열을 정하는 블랭크-레이아웃모듈에 성형가능한 데이터를 전달한다. 블랭크-레이아웃모듈에서는 블랭크-레이아웃의 결과를 스트립-레이아웃모듈에 전달한다. 스트립-레이아웃모듈에서는 최대의 재료이용률을 가진 블랭크-레이아웃의 정보를 가지고 스트립-레이아웃을 수행한 후, 그 결과들을 다이-레이아웃모듈에 전달한다. 다이-레이아웃모듈에서는 결정된 스트립-레이아웃에 대하여 다이-레이아웃을 자동으로 수행하고 그 결과를 데이터-변환모듈에 전달한다. 데이터-변환모듈에서는 CAD상의 데이터를 SmartCAM 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태의 데이터로 변환하여 그 결과를 모델링모듈로 넘긴다. 모델링

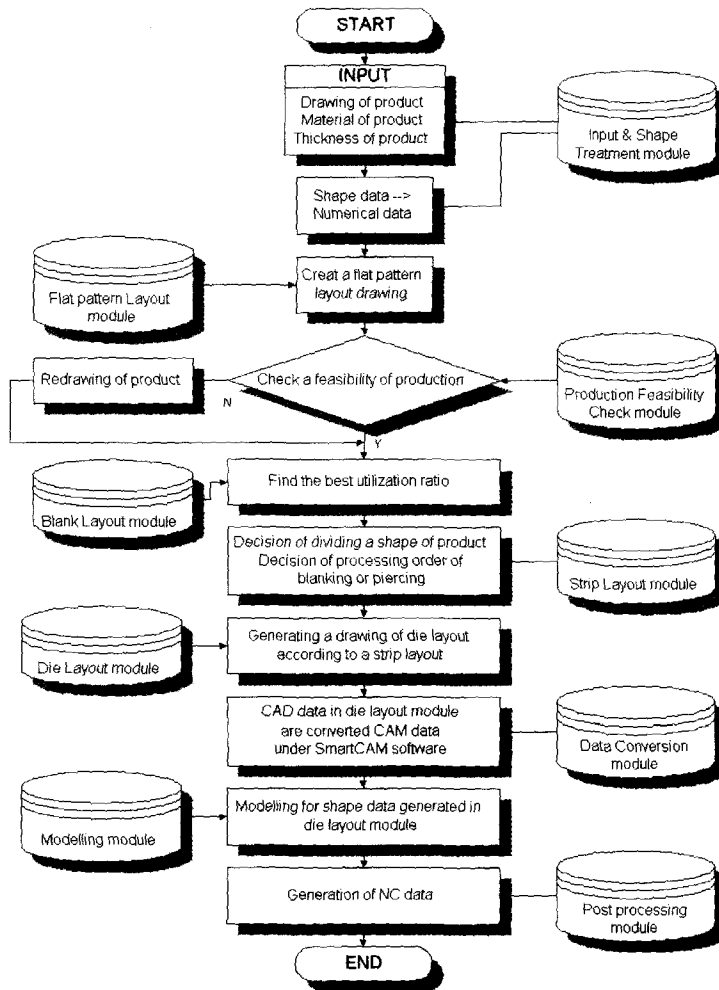


Fig. 1 Configuration of the system

모듈에서는 NC 가공 데이터를 생성하기 위하여 데이터-변환모듈을 통하여 변환된 형상인식 가능한 데이터를 이용하여 3차원 모델링을 수행하여 가공경로를 지정하고, 그 결과를 포스트-프로세스모듈로 넘긴다. 포스트-프로세스모듈에서는 기계의 작업조건과 가공조건을 판단하여 가공작업에 적합한 NC 가공 데이터를 생성시킨다. 이러한 시스템을 구성하는 각 모듈들의 기능적인 설명은 아래에서 간략히 다루고자 한다.

2.1 입력 및 형상처리모듈

(input and shape treatment module)

제품형상을 AutoCAD상에 직접 그리거나 혹은 도면화

된 파일을 스크린 상에 나타내어 소재의 종류, 두께, 폭, 열처리 조건 등을 입력하면, 입력모듈에서는 소재의 기계적 성질에 관한 정보를 데이터 베이스로부터 자동적으로 읽어 들이고 형상처리모듈에서는 제품의 형상데이터를 설계에 용이한 수치데이터로 변환시켜 저장한다. 변환된 수치데이터들은 내부형상, 외부형상 및 굽힘선에 대한 수치리스트로써, 시스템의 각 모듈들에서 데이터로 사용된다.

2.2 플랫패턴-레이아웃모듈

(flat pattern-layout module)

플랫패턴-레이아웃모듈은 굽힘공정을 갖는 불규칙형상 제품도면을 입력된 굽힘반경, 굽힘각도, 소재의 재질

및 두께, 내부형상, 외부형상 및 굽힘선에 대한 수치리스트로 굽힘여유량을 계산하여 창출되어진 펼친형태의 도면을 그래픽 형태로 스크린상에 출력시킨다. 이 모듈에서 굽힘방향은 자동으로 인식되어지고, 굽힘선들은 중립축에서 굽힘호의 중간지점에 위치한다.

2.3 가공가능성 검사모듈

(production feasibility check module)

가공가능성 검사모듈은 플래트패턴-레이아웃모듈에서 구한 블랭크의 정보로서, 제품의 가공가능성을 검사하는 모듈이다. 블랭크의 블랭킹 및 피어싱의 가공가능성을 검사할 경우, 내부형상 사이의 거리, 피어싱될 구멍의 직경, 제품의 코너 및 필렛반경을 데이터 베이스에 저장된 한계치수와 비교하고, 블랭크의 굽힘가공의 가공가능성을 검사할 경우에는 굽힘선과 내부형상 사이의 거리를 한계치수와 비교하여 가공가능한 기하학적 영역을 제시한다.

2.4 블랭크-레이아웃모듈(blank-layout module)

블랭크-레이아웃모듈은 스트립의 압연방향에 대하여 ±30° 밖의 영역과 여러개의 굽힘가공을 순차이송 가공으로 수행할 수 있는 영역을 동시에 만족시키는 굽힘가공가능영역에서 제품의 최외각 여유폭을 고려한 후, 재료의 이용률을 최대도 하기 위하여 블랭크들을 스트립에 배열하는 모듈이다. 불규칙형상 제품에 대하여 단열배열 뿐만 아니라 동형쌍배열 및 이형쌍배열에 대해서도 굽힘가공가능영역에서 재료의 이용률을 최대도 하는 블랭크-레이아웃모듈을 창출시킬 수 있다.

2.5 스트립-레이아웃모듈(strip-layout module)

스트립-레이아웃모듈은 굽힘가공가능영역에서 최대의 재료이용률을 가지는 블랭크-레이아웃에 대하여 스트립-레이아웃이 자동으로 수행되도록, 제품의 외부영역에서 펀치형상을 자동으로 분할시켜 피어싱을 수행한다. 또한 이 모듈에서는 분할된 블랭크의 각 형상별로 다이면압을 견딜 수 있는 다이블랭크의 크기에 따른 공정순서와 여러개의 굽힘공정이 순차이송 가공으로 가능한 공정순서를 결정한다. 굽힘공정에 대한 스트립-레이아웃은 굽힘가공이 이루어진 후의 평면도로서 창출된다.

2.6 다이-레이아웃모듈(die-layout module)

다이-레이아웃모듈은 스트립-레이아웃모듈에서 얻은

공정에 대한 플레이트상의 공구배치 정보를 이용하여 설계규칙을 만족하는 금형구조와 부품들을 자동적으로 설계한다.

2.7 데이터-변환모듈(data-conversion module)

데이터 변환모듈은 시스템의 CAD부분인 다이-레이아웃모듈에서 받아들인 다이 블랭크의 형상 데이터를 SmartCAM 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태의 형상 데이터로 변환시킨다. 구축된 시스템의 CAD와 CAM간의 데이터 전송은 DXF(data exchange file)에 의한 방식을 시도하였다.

2.8 모델링모듈(modelling module)

모델링모듈에서는 NC 가공 데이터를 생성하기 위하여 데이터-변환모듈을 통하여 변환되어진 다이-레이아웃도면의 각 블랭크의 형상 데이터를 이용하여 3차원 모델링을 수행하고 공구경로를 지정한다.

2.9 포스트-프로세스모듈(post processor module)

포스트-프로세스모듈은 모델링모듈에서 얻은 데이터를 이용하여, 사용할 공구 및 가공조건 등의 정보를 입력시켜, CNC가공 및 방전가공을 수행할 수 있는 NC 가공 데이터를 생성한다. 또한 이 모듈에서는 생성된 NC 가공 데이터를 컴퓨터의 하드디스크나 플로피디스크로 저장해서 DNC로의 연결을 용이하도록 하였다.

3. 시스템의 규칙 및 데이터베이스

본 시스템은 블랭킹 및 피어싱과 굽힘의 공정변수, 가공가능성검사, 블랭크-레이아웃, 스트립-레이아웃, 및 다이-레이아웃의 설계 및 가공에 대한 전문기술지식을 소성역학이론, 축적되어온 연구결과 및 현장전문가의 경험적 지식에서 추출하여 일반적이고 모순이 없는 사항에 대하여 규칙과 데이터베이스를 구축하였다. 경험적인 설계지침들과 노하우를 체계화하여 정량화시킨 규칙은 의사결정에 기초한 "IF(conditions) THEN(actions)" 형태의 생성규칙을 사용하였으며, 조건부의 정보에 따라서 결과부의 정보를 계산하며 결과부의 출력 정보는 다음 조건부의 입력 정보가 된다. 또한 정량화된 데이터는 시스템 내의 추가적인 구축을 용이하게 할 수 있다.

4. 시스템의 적용 및 고찰

본 연구에서는 개발된 블랭킹 및 피어싱과 굽힘가공을 위한 순차이송용 공정 및 금형설계와 가공자동화 시스템에 피어싱 및 굽힘공정을 갖는 불규칙형상 박판제품, 블랭킹 및 피어싱 공정을 갖는 불규칙형상 박판제품 및 모터코어용 스테이터와 로터제품을 적용시켰다. 그리하여 시스템의 각 모듈들에서 수행되어, 출력된 결과들을 고찰하고자 한다.

4.1 피어싱 및 벤딩공정을 갖는 불규칙형상 박판제품의 경우

(1) 입력 및 형상처리모듈에 적용

사용자가 Fig. 2와 같은 벤딩 및 피어싱 공정을 갖는 불규칙형상 제품에 대하여 Table 1과 같이 요구 조건을 입력시킬 때, 형상처리모듈에서는 입력된 형상의 도면을 인식하고 랜덤한 수치데이터의 리스트를 각 모듈에서 프로그램을 수행하는데 용이한 페루프형태의 리스트로 만든다. 창출된 페루프 형태의 수치리스트인, 내부형상, 외부형상 및 굽힘선에 대한 수치리스트를 Table 2에 나타내었다. 변환된 수치리스트는 펠친 도면을 창출시키기 위하여 플랫폼패턴-레이아웃모듈에 전달된다.

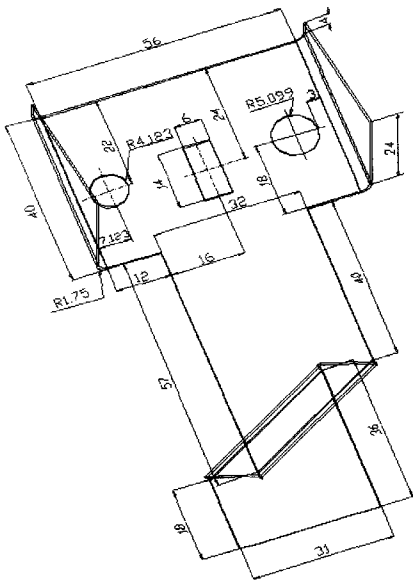
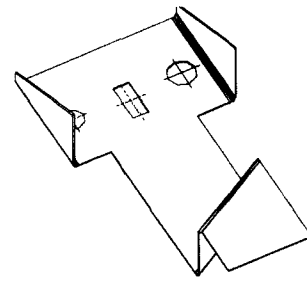


Fig. 2 Drawing of a sample blank with piercing and bending processes

Table 1 Input data of input and shape treatment module for a sample blank with piercing and bending processes



```

*****
* 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=SOFTMat'1, C=HARD Mat'1

Input heat treatment condition <C/A>: C
*****
* WORKPIECE THICKNESS *
*****

Workpiece Thickness (mm)
<0.001... 10.0>

Input the Thickness : 0.5
*****
* Input bend_angle and bend_radius *
*****
Input bend_angle(1) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(1) ( mm ) ! : 2.0
Input bend_angle(2) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(2) ( mm ) ! : 2.0
Input bend_angle(3) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(3) ( mm ) ! : 2.0
Input bend_angle(4) ( degree ) ! : 90
Input bend_radius(4) ( mm ) ! : 2.0

> After press return key to continue,
wait for a minute!

```

Table 2 Numerical data list carried out in shape treatment module for a sample blank with piercing and bending processes

<p>Numerical list of internal shape : ((38.0 116.054 0.0) (38.0 130.054 0.0)) ((38.0 130.054 0.0) (44.0 130.054 0.0)) ((44.0 130.054 0.0) (44.0 116.054 0.0)) ((44.0 116.054 0.0) (38.0 116.054 0.0)) ((59.5 125.054 0.0) (5.09902)) ((21.5 125.054 0.0) (4.12311))</p> <p>Numerical list of external shape : ((-14.5107 107.054 0.0) (5.48927 147.054 0.0)) ((5.48927 147.054 0.0) (76.5107 147.054 0.0)) ((76.5107 147.054 0.0) (96.5107 107.054 0.0)) ((96.5107 107.054 0.0) (57.0 107.054 0.0)) ((57.0 107.054 0.0) (57.0 -1.05384 0.0)) ((57.0 -1.05384 0.0) (25.0 -1.05384 0.0)) ((25.0 -1.05384 0.0) (25.0 107.054 0.0)) ((25.0 107.054 0.0) (-14.5107 107.054 0.0))</p> <p>Numerical list of bend line : ((25.0 18.4979 0.0) (57.0 36.9731 0.0)) ((25.0 46.5517 0.0) (57.0 65.0269 0.0)) ((11.2447 107.054 0.0) (11.2447 147.054 0.0)) ((70.7554 107.054 0.0) (70.7554 147.054 0.0))</p>

(2) 플랫패턴-레이아웃모듈에 적용

Fig. 2와 같은 굽힘반경 2 mm, 굽힘각도 90°, 두께 0.5 mm인 규소강판의 불규칙형상 제품을 플랫패턴-레이아웃모듈에 적용시킬 때, 입력된 값으로 굽힘여유량을 계산하고 형상처리모듈의 수행결과 얻은 수치리스트를 이용하여 창출된 플랫패턴-레이아웃을 Fig. 3에 나타내었다. 4개의 굽힘 선들은 중립축에서 굽힘호의 중간지점에 위치하고, 굽힘방향은 창출되어진 플랫패턴-레이아웃도면의 윗쪽을 +방향으로 아랫쪽을 -방향으로 하여 인식되었다.

(3) 가공가능성검사모듈에 적용

Fig. 3과 같은 0.5 mm의 두께를 가진 플랫패턴-레이아웃도면을 가공가능성 검사모듈에 적용시킬 때, 선과 선, 선과 호, 선과 원 사이의 가공가능한 내부형상의 최소거리 및 굽힘선과 내부형상 사이의 최소거리를 계산하여 피어싱 및 굽힘가공을 위한 가공가능한 영역을 Fig. 4에 제시하였다. 또한 제품의 코너반경, 피어싱될 내부구멍, 내부형상의 거리, 굽힘선과 내부형상 사이의 거리에 대한 검사 결과를 Table 3에 나타내었다. 위의 결과로 부터 내부형상 사이의 최소거리와 피어싱될 내부구멍은 가공가능한 영역에 있는 반면에 굽힘선과 내부형상 사이의 최소거리는 가공가능한 영역에 있지 않으므로 가공가능한 영역

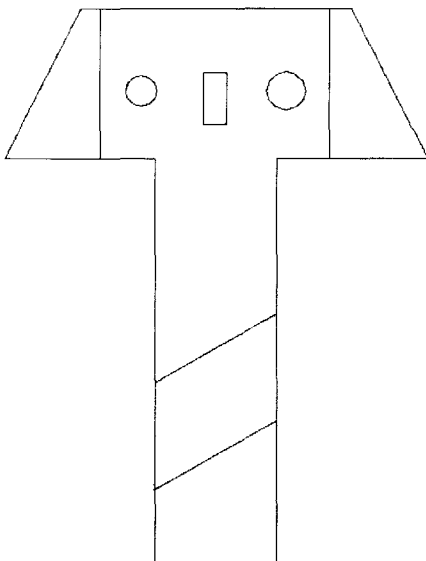


Fig. 3 Flatpattern drawing carried out flat-pattern layout module

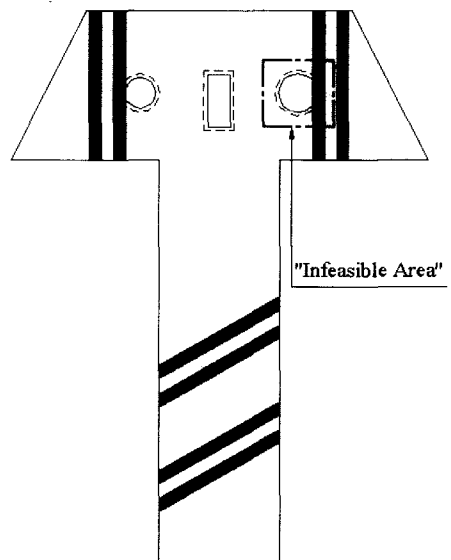


Fig. 4 The infeasible area carried out production feasibility check module for a sample blank

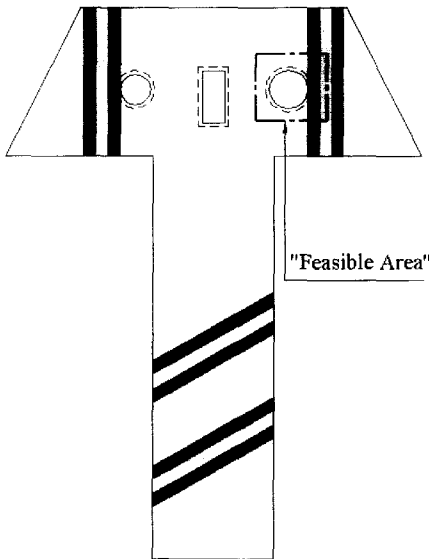


Fig. 5 Redesigned drawing satisfied with bending production feasibility area

Table 3 Calculated results of minimum dimensions of holes, distance between bend line and internal feature, and distance between internal features for a sample blank

<p>Min. Diameter of Circle G.T. Criteria Min. Diameter : 8.25mm Limit Diameter : 0.6mm</p> <p>Min. Rectangular Distance G.T. Criteria Min. Rectangular Distance : 11.80mm Limit Distance : 0.55mm</p> <p>Min. Distance between bend line and internal feature L.T. Criteria Min. Distance between bend line and internal feature : 2.88mm Limit Distance : 3.0mm</p> <p>Production infeasibility!</p>

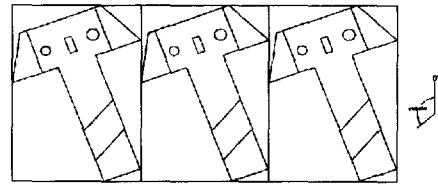
으로 재설계를 수행하여 이를 Fig. 5에 나타내었다.

(4) 블랭크-레이아웃모듈에 적용

Fig. 2과 같은 굽힘 및 피어싱을 갖는 불규칙형상 제품을 블랭크-레이아웃모듈에 적용시킬 때, 스트립의 압연방향에 대하여 $\pm 30^\circ$ 밖의 영역과 여러개의 굽힘가공을 순차이송 가공으로 수행할 수 있는 영역을 동시에 만족시키는 굽힘가공 가능영역의 각도를 Table 4에 나타내었다. 굽힘

Table 4 Range of angle for bending production feasibility area satisfied with bend strength for progressive working

<p>Range of Angle for bending production feasibility area</p> <p>$0^\circ \sim 24^\circ$ $56^\circ \sim 60^\circ$ $204^\circ \sim 240^\circ$</p>



TILTING ANGLE : angle = 20°
 SLITTING WIDTH = 157.793
 PITCH = 105.326
 UTILIZATION RATIO = 0.4272

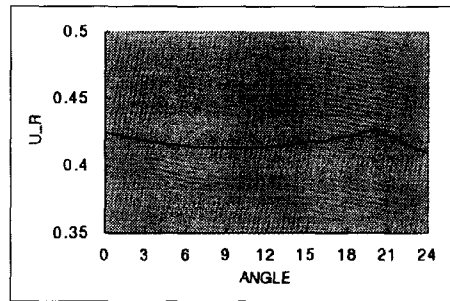


Fig. 6-(a) Blank-layout with the best utilization within angle of bending production feasibility area, $0^\circ \sim 24^\circ$

가공이 가능한 영역 안에서 tilting 각도에 따른 재료이용률과 그 영역에서의 최대 재료이용률을 Fig. 6-(a)부터 Fig. 6-(c)에 각각 나타내었다.

$0^\circ \sim 24^\circ$ 의 굽힘가능영역에서 최대 재료이용률은 42.7% 로서, tilting 각도 20° , 슬리팅 폭 157.8 mm, 피치 105.3 mm이고, $56^\circ \sim 60^\circ$ 의 굽힘가능영역에서 최대 재료이용률은 40.9% 로서, tilting 각도 60° , 슬리팅 폭 119.7 mm, 피치 155.0 mm이다. 또한 $204^\circ \sim 240^\circ$ 의 굽힘가능영역에서 최대 재료이용률은 40.7% 로서, tilting 각도 204° , 슬리팅 폭 157.3 mm, 피치 110.3 mm이다. 위의 결과로부터 굽힘공정이 가능한 전 영역에서의 최대 재료이용률은 42.7%이고, 이 때의 tilting 각도는

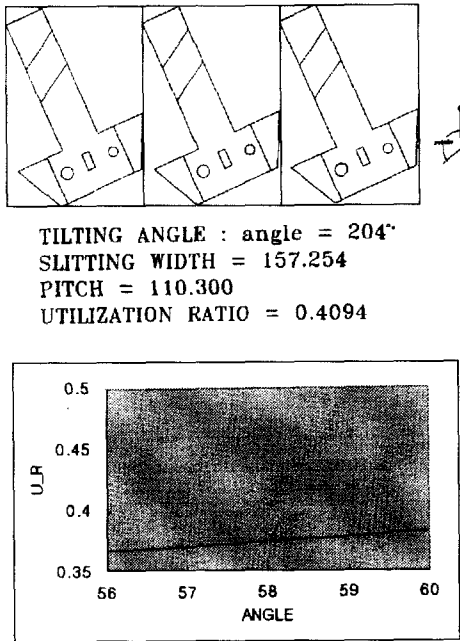


Fig. 6-(b) Blank layout with the best utilization within angle of bending production feasibility area, 56°~60°

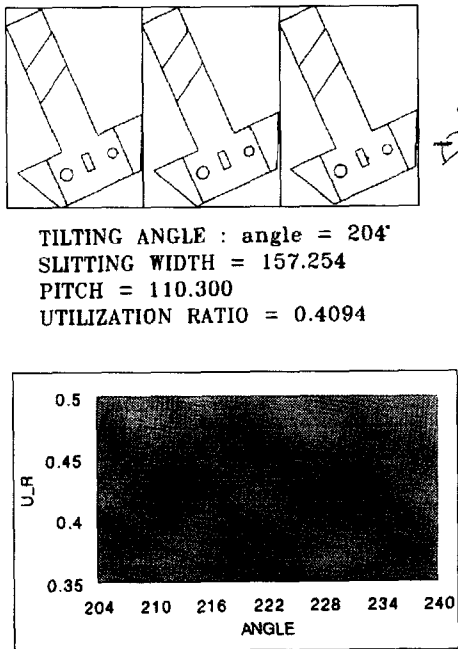


Fig. 6-(c) Blank layout with the best utilization within angle of bending production feasibility area, 204°~240°

20°, 슬리팅 폭은 157.8 mm, 피치는 105.3 mm임을 알 수 있다. 이 모듈에서 구한 결과치들을 이용하여 스트립-레이아웃이 수행되어진다.

(5) 스트립-레이아웃모듈에 적용

Fig. 2와 같은 굽힘 및 피어싱을 갖는 불규칙형상 제품을 스트립-레이아웃모듈에 적용시킬 때, 이 모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 7-(a)는 굽힘가능영역에서의 최대 재료이용률을 가지는 플래트패턴 형상을 보여준다. 각 내부형상들에 대하여 창출된 다이블랭크의 주변길이가 자동적으로 계산되어져서 주변길이 순으로 다이블랭크들을 가장 왼쪽 피치로부터 배열하는데 Fig. 7-(b)는 1번 및 2번 다이블랭크가 첫 번째 피치에 배열되는 것을 보여준다. 3번 다이블랭크가 첫번째 피치에 놓여질 때 Fig. 7-(c)에서 보여진 것처럼 1번 및 2번 다이블랭크와 간섭이 생긴다. 그리하여

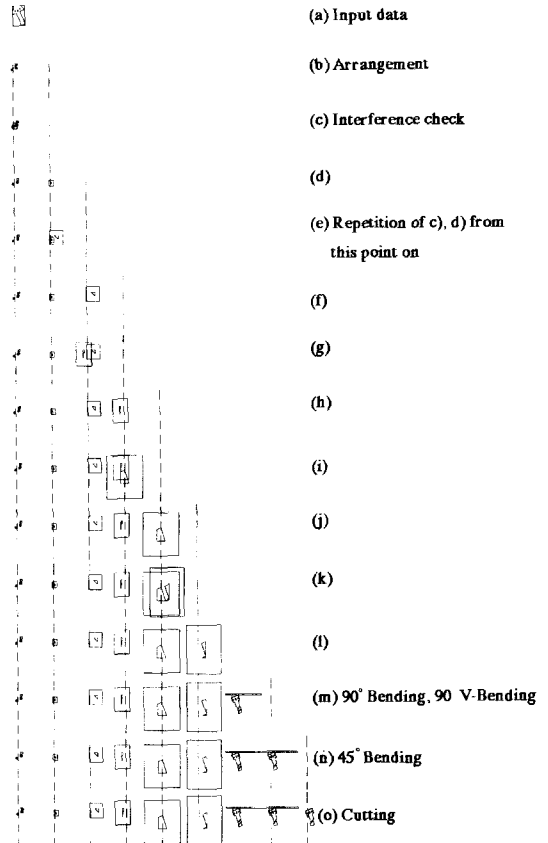


Fig. 7 Automatic strip-layout for a sample blank with bending and piercing operation

3번 다이블랭크는 Fig. 7-(d)에 보여진 것처럼 다음피치에 놓여진다. 이와 유사한 방법으로 각각의 연속되는 다이블랭크를 정해진 피치에 놓고 간섭이 생기면 다음 피치로 이동시킨다. Fig. 7의 (e)에서 (l)까지는 제품의 외부영역에서 펀치형상의 분할이 자동으로 이루어져서 분할된 형상에 따라 피어싱을 수행하면서 연속되는 다이블랭크 사이의 간섭을 체크하고 있다. Fig. 7-(m)은 2개의 굽힘선에서 90°방향의 굽힘가공과 1개의 굽힘선에서 90°V-굽힘이 동시에 수행되어지는 것을 보여주고, Fig. 7-(n)은 45°방향의 굽힘가공이 순차적으로 수행되는 것을 보여준다. 그리하여 최종적으로 Fig. 7-(o)과 같은 절단공정을 수행함으로써 원하는 제품의 형상을 얻을 수 있다. 또한 Fig. 7-(o)로부터 순차이송 가공을 위한 하중중심을 계산하여 이것을 다이세트의 중심과 일치시키므로써 균형잡힌 블랭킹 및 굽힘가공을 수행할 수 있다.

따라서 개발된 시스템을 사용하면 굽힘 및 피어싱공정을 갖는 불규칙형상 제품의 플랫폼패턴-레이아웃 및 가공가능성 검사, 굽힘가공가능영역에서 최대 재료이용률을 가지는 블랭크-레이아웃 도면으로 스트림-레이아웃을 자동적으로 수행하기 때문에 경험이 없는 자라도 네스팅 및 공정설계를 쉽고 정확하게 수행할 수 있다.

4.2 블랭킹 및 피어싱 공정을 갖는 불규칙형상 박판제품의 경우

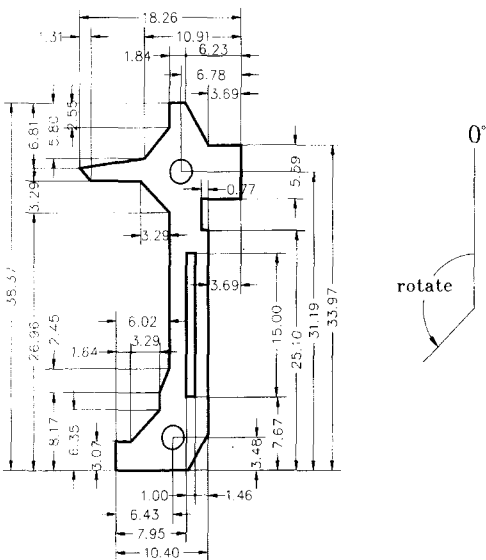


Fig. 8 Drawing of a sample blank(1) with blanking and piercing processes

(1) 블랭크-레이아웃모듈에 적용

앞의 가공가능성검사모듈에서 합격한 Fig. 8, Fig. 9와 같은 불규칙형상 박판제품을 동시에 배열하는 이형쌍배열에 대하여 블랭크-레이아웃모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 10, Fig. 11에 나타내었다.

Fig. 10에서는 경사각도가 $angle_a=150^\circ$, $angle_b=138^\circ$ 일 때 UR의 값이 0.420으로써 재료이용률이 최대로 되어짐을 보여주며, 창출되어진 최적의 이형쌍배열 블랭크-레이아웃도면을 Fig. 11에 나타내었다. 이와 같이

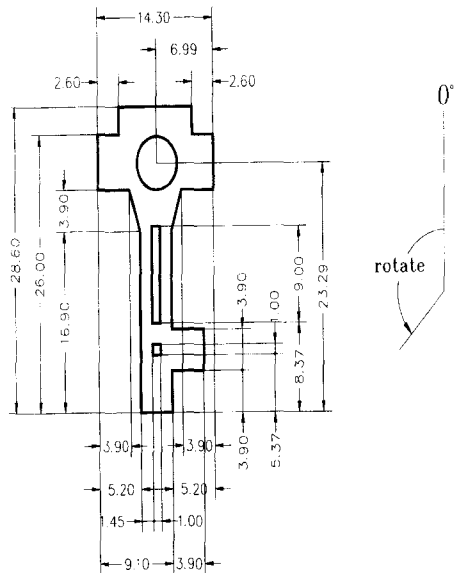


Fig. 9 Drawing of a sample blank(2) with blanking and piercing processes

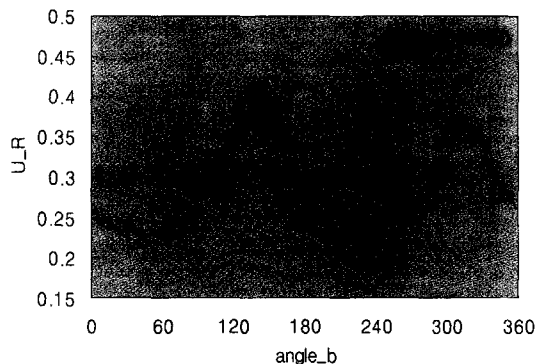
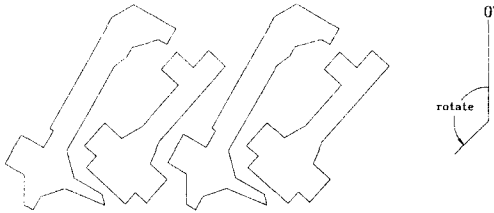


Fig. 10 Variation of UR with reference to tilting angle for a sample blank(1) and a sample blank(2) in pairwise operation

블랭크-레이아웃모듈에서는 재료의 이용률을 최대화하는 블랭크의 경사각도를 구하고 이에 따른 슬리팅 폭과 피치를 계산하여 그 결과를 스트립-레이아웃모듈에 전달한다.



TILTING ANGLE : angle_a = 150°
 angle_b = 138°
 SLITTING WIDTH = 37.33
 PITCH = 27.77
 UTILIZATION RATIO = 0.420

Fig. 11 Blank-layout with the best utilization for a sample blank(1) and a sample blank (2) in pairwise operation

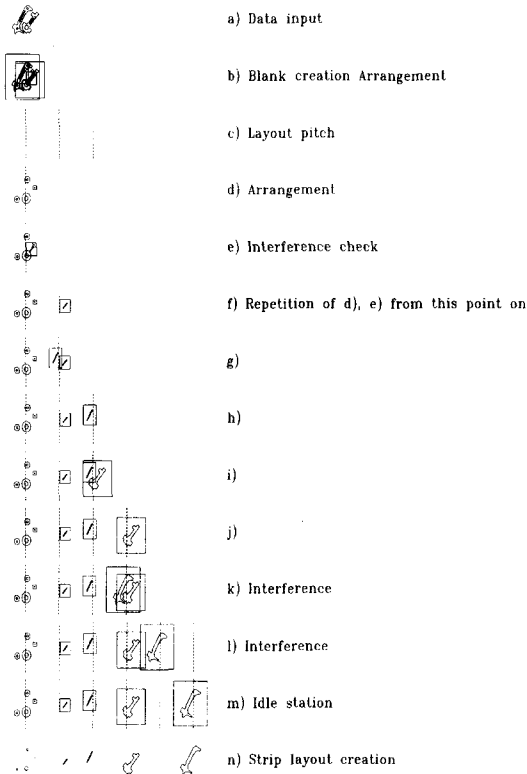


Fig. 12 Automatic strip-layout program flowchart for a sample blank(1) and a sample blank(2) in pairwise operation

(2) 스트립-레이아웃모듈에 적용

Fig. 11에서 보여진 최적의 이형쌍배열의 블랭크-레이아웃 도면에 대하여 스트립-레이아웃모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 12에 나타내었다.

4.3 모터 코어용 스테이터와 로터의 경우

(1) 스트립-레이아웃모듈에 적용

Fig. 13과 같은 모터코어용 스테이터와 로터제품을 스트립-레이아웃모듈에 적용시킬 때, 이 모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 14에 나타내었다.

블랭킹 및 피어싱 공정을 갖는 불규칙형상 박판제품의 스트립-레이아웃이 Fig. 14와 같이 자동적으로 창출되어 지기 때문에 경험이 없는 자라도 스트립-레이아웃을 쉽고 정확하게 수행할 수 있다.

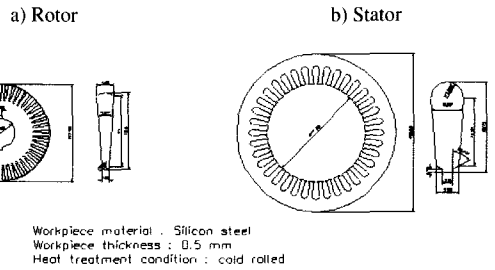


Fig. 13 Drawing of stator and rotor

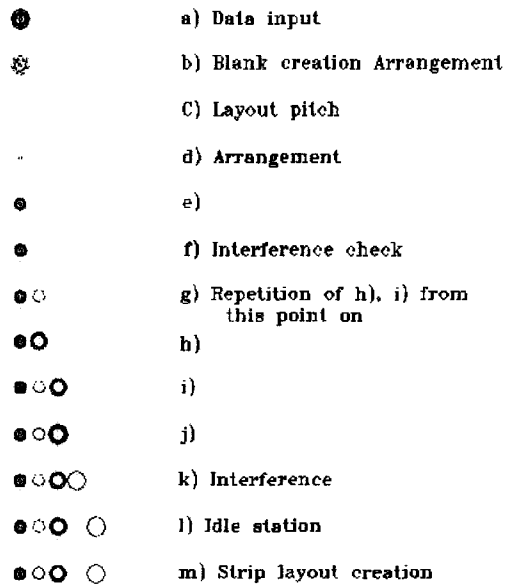


Fig. 14 Automatic strip-layout for stator and rotor part

(2) 다이-레이아웃모듈에 적용

Fig. 13과 같은 스테이터와 로터제품을 다이-레이아웃 모듈에 적용시킬 때, 이 모듈에서 수행되어 출력된 금형 부품들 중에서 가공의 자동화를 위한 금형 부품으로 다이블럭, 로터 슬롯 다이를 선택하여 Fig. 15-(a), Fig. 15-(b)에 각각 나타내었다.

이 모듈에서는 스트립-레이아웃모듈로부터 데이터를 받아 데이터베이스로부터 표준부품들을 읽어 들이고, 데이터베이스에 저장되어있지 않은 비표준부품들에 대해서는 설계를 수행하여 다이-레이아웃도면을 창출시킨다. 또한, 피어싱될 부분의 치수는 펀치의 치수와 일치시키고 블랭킹될 부분의 치수는 다이의 치수와 일치시켰다.

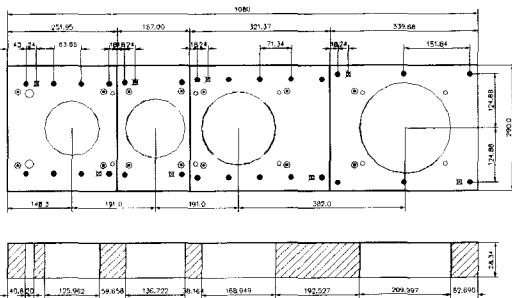


Fig. 15-(a) Die block drawing generated in die layout module

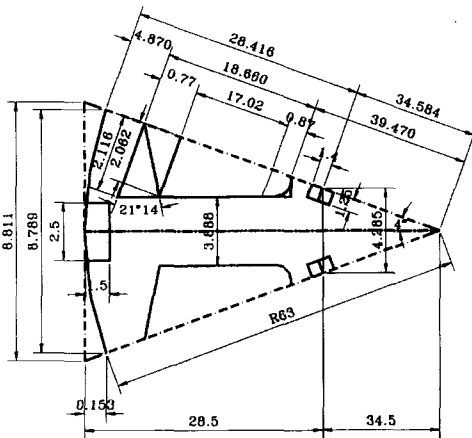


Fig. 15-(b) Drawing of rotor slot die generated in die-layout module

(3) 데이터-변환모듈 및 모델링모듈에 적용

다이-레이아웃모듈에서 창출되어진 다이블럭 및 로터 슬롯 다이의 블랭크를 가공하기 위하여, 데이터-변환모듈에서는 이들 블랭크의 CAD데이터를 개발된 시스템의 CAM부분으로 전송시켜서 SmartCAM 소프트웨어 환경에서 인식 가능한 형태의 데이터로 변환시킨다. 그리고 모델링모듈에서는 NC 가공 데이터를 생성하기 위하여 변환된 다이블럭 및 로터 슬롯 다이의 블랭크에 대한 데이터를 이용하여 3차원 모델링을 수행하여 공구경로를 지정하는데 이를 Fig. 16-(a), Fig. 16-(b)에 나타내었다.

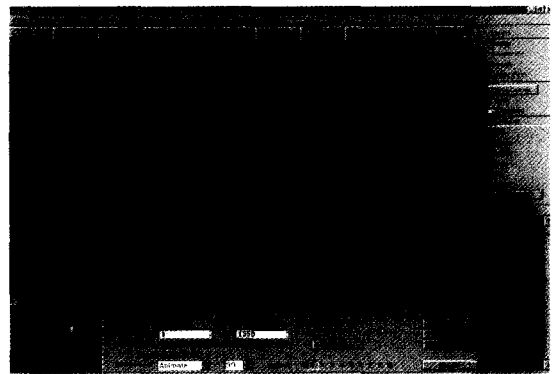


Fig. 16-(a) Modelling under CAM system for the die block generated in die-layout module

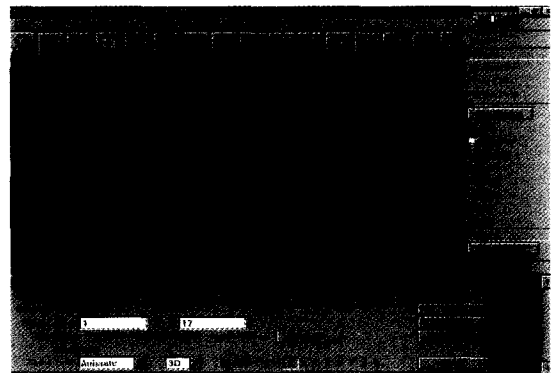


Fig. 16-(b) Modelling under CAM system for wire-EDM of rotor slot die generated in die-layout module

(4) 포스트-프로세스모듈에 적용

포스트-프로세스모듈에서는 모델링모듈에서 생성된 다이블럭의 블랭크에 대하여 CNC가공에 필요한 공구 및 가공조건과 금형 재료에 관한 데이터를 입력시켜, 입력된

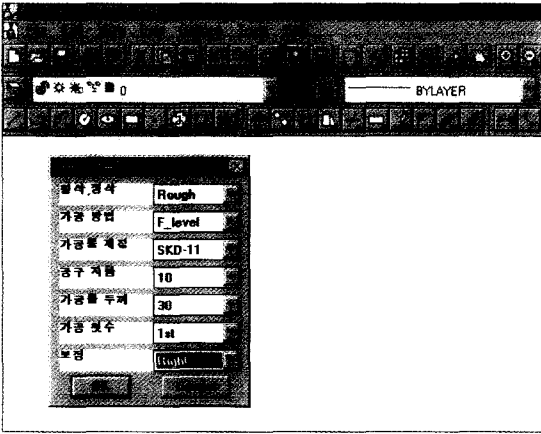


Fig. 17 Input data for CNC working of the die block

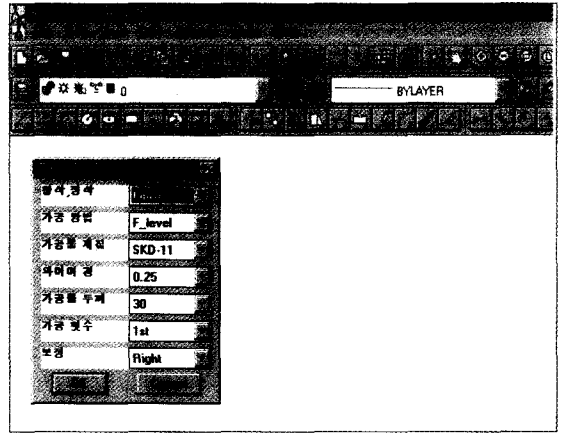


Fig. 19 Input data for wire-EDM of rotor slot die

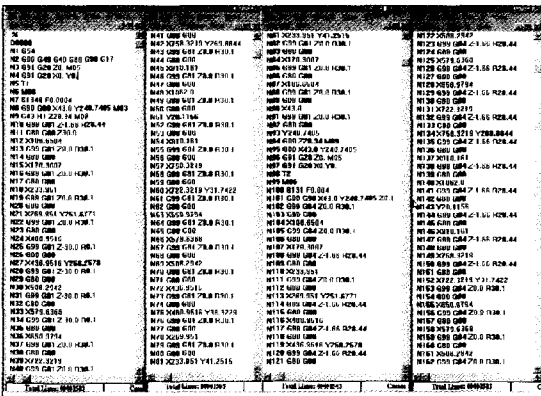


Fig. 18 NC data generated in post processor module for the die block

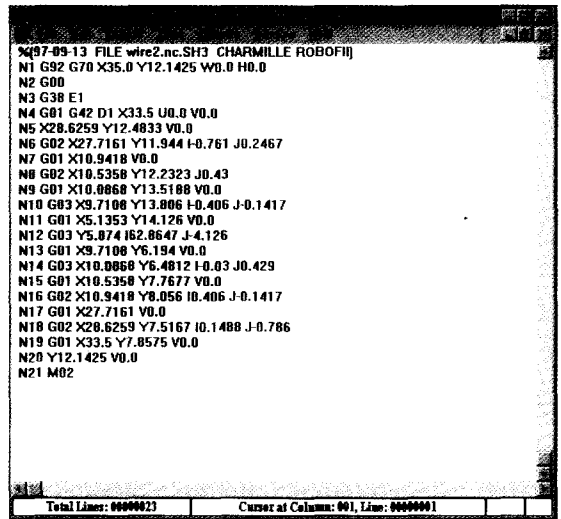


Fig. 20 NC data generated in post-processor module for wire EDM of rotor slot die

조건으로 CNC가공을 할 수 있는 NC 가공 데이터를 자동적으로 생성한다. 다이블러의 CNC가공을 위한 입력사항을 Fig. 17에 나타내었고, 포스트-프로세스모듈에서 수행되어 생성된 NC 가공 데이터를 Fig. 18에 나타내었다.

모델링모듈에서 생성된 로터 슬롯 다이의 블랭크에 대하여 방전가공에 필요한 공구 및 가공조건과 금형 재료에 관한 입력사항을 Fig. 19에 나타내었으며, 이 모듈에서는 입력된 조건으로 방전가공을 할 수 있는 NC 가공 데이터를 자동적으로 생성하는데, 생성된 NC 가공 데이터를 Fig. 20에 나타내었다.

와이어 방전가공의 가공조건에 영향을 미치는 변수로는 금형 재료의 두께와 가공할 와이어의 선경, 와이어의 재질, 가공횟수 등이 있다. 개발된 블랭킹 및 피어싱과 굽힘용 공정 및 금형 설계와 가공자동화 시스템은 입력된 가공

조건에 대하여 조각기계의 가공특성을 고려한 많은 변수들을 선택하여 가공 데이터에 삽입되도록 시스템을 구축하였다.

5. 결론

본 연구에서는 블랭킹 및 피어싱과 굽힘 공정을 갖는 불규칙형상 박판제품의 순차이송 가공을 위한 플랫폼패턴-레이아웃, 블랭크-레이아웃, 스트림-레이아웃, 다이-레이아웃과 다이-레이아웃에 따른 가공자동화를 수행할 수 있는 시스템을 개발했다.

개발된 시스템의 장점은 다음과 같다.

(1) 입력 및 형상처리모듈은 각 모듈을 구성하고 있는 프로그램을 수행시키기 위하여, 임 의의 입력된 도면의 형상을 자동 인식하여 설계에 용이한 페루프형태의 수치데이터 리스트인, 내부형상, 외부형상 및 굽힘선에 대한 리스트를 만들 수 있다.

(2) 플레이트패턴-레이아웃 및 가공가능성검사 모듈에서는 벤딩 및 피어싱 공정을 갖는 불 규칙형상 제품에 대하여 펼친 형태의 도면을 창출시켜 제품의 가공가능성을 검사할 수 있다.

(3) 블랭크-레이아웃모듈에서는 굽힘가공이 가능한 영역에서의 최대 재료이용률을 구하는 블랭크-레이아웃을 수행할 수 있다.

(4) 스트립-레이아웃모듈에서는 최대의 재료이용률을 가지는 블랭크-레이아웃 도면에 대하여 제품의 외부영역에서 펀치형상을 자동으로 분할시켜서, 분할된 형상에 따라 피어싱 공정을 수행하며, 여러개의 굽힘공정이 순차이송 가공으로 가능한 스트립-레이아웃 도면을 창출시킬 수 있다.

(5) 다이-레이아웃모듈에서는 스트립-레이아웃도면에 따른 금형 부품 도면을 자동으로 창출시킬 수 있다.

(6) 포스트-프로세스모듈에서는 다이-레이아웃모듈의 수행결과 창출된 금형 부품들의 가공을 위하여 데이터-변환 및 모델링모듈을 통하여 NC 가공 데이터를 자동으로 생성 할 수 있다.

숙련된 설계자의 공정 및 금형 설계의 결과는 설계자의 경험에 따라 다르므로 초보자의 교육 및 제품생산에 있어 표준화된 설계지침을 확정하기 어렵게 만든다. 그러나 개발된 시스템은 이에 대한 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화하여 설계지침을 표준화시킴으로써 설계시간의 단축과 가공의 정밀도 향상을 기대할 수 있다.

그리고 개발된 시스템이 현장에서 더욱 강력한 도구로써 사용되어지기 위하여 몇 가지 연구가 계속되어야 할 것으로 생각된다. 먼저 설계시 현장에서 수행되고 있는 방법 및 경험을 보다 많이 정량화, 정식화시켜 시스템에 반영하고, 현장의 기술을 데이터베이스로 구축하여 시스템을 현장 적용성이 높도록 개선해야 할 것이다. 또한 여러 가지 동작기계에서의 가공을 고려하고, 각각의 동작기계에 대한 특성을 연구하여, 가공 특성을 최대한으로 반영한 가공데이터가 생성되도록 가공 시스템의 보안을 계속하여야 할 것이다.

후 기

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

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) Y. Shibata and Y. Kunimoto, 1981, "Sheet metal CAD/CAM system", *Bull. Jpn. Soc. Prec. eng.*, Vol. 15, pp. 219~224.
- (4) S. Nakahara, T. Kojima, S. Tamura, A. Funimo, S. Choichiro and T. Mukumuru, 1978, "Computer progressive die design", *Proceedings of 19th MTDR conference*, pp. 171~176.
- (5) 최재찬, 김병민, 김철, 이승민, 1996, "스테이터 및 로터의 블랭킹에 관한 공정설계 및 금형설계 시스템", *한국정밀공학회지*, 제13권, 제8호, pp. 40~51.
- (6) 최재찬, 김병민, 김철, 김재훈, 1996, "스테이터 와 로터 및 불규칙한 박판제품의 블랭킹에 관한 공정설계 시스템", *한국정밀공학회지*, 제13권, 제9호, pp. 46~53.
- (7) 고대철, 김철, 김병민, 최재찬, 1996, "요소제거기법에 의한 판재 전단가공의 유한요소 시뮬레이션", *한국정밀공학회지*, 제13권, 제11호, pp. 114~123.
- (8) 최재찬, 김병민, 조해용, 김철, 1997, "스테이터 및 로터의 블랭킹 및 피어싱에 관한 자동화된 금형설계 시스템", *한국정밀공학회지*, 제14권, 제5호, pp. 22~33.
- (9) 최재찬, 김병민, 김철, 김재훈, 김호관, 1997, "불규칙한 형상의 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 공정설계 시스템(Ⅱ)", *한국정밀공학회지*, 제14권, 제7호, pp. 39~48.
- (10) 최재찬, 김병민, 김철, 김호관, 1997, "불규칙형상 박판제품의 블랭킹용 네스팅 시스템", *한국정밀공학회지*, 제14권, 제11호, pp. 171~179.

- (11) 최재찬, 김병민, 김철, 윤지훈, 1998, "불규칙형상의 박판제품에 관한 블랭킹 및 피어싱용 통합적 CAD 시스템", 한국정밀공학회지, 제15권, 제2호, pp. 124~133.
- (12) Y.K.D.V. Prasad and S. Somasundaram, 1992, "CADDs : An automated die design system for sheet-metal blanking", Computing & control engineering journal, pp. 185~191.
- (13) K. Shirai and H. Murakami, 1989, "A compact and practical CAD/CAM system for progressive dies". Bull. Jpn. Soc. of Prec. Eng., Vol. 23. No. 1, pp. 25~30.
- (14) F. Strasser, 1976, "The secret of successful press tool design", Tooling, February.
- (15) D.F. Eary, E.A. Reed, 1974, "Technique of press-working sheet metal", Prentice-hall, Inc.
- (16) F.W. Wilson, P. H. Harvey, 1963, "die design handbook", McGraw-hill company.
- (17) K. Lange, 1970, "Handbook of metal forming", McGraw-Hill book company, pp. 24.1~26.1.