

## 3차원 형상인식 기법을 이용한 전기제품의 프로그레시브 가공에 관한 연구

김영민\*, 김재훈, 송성우(부산대 대학원 정밀기계공학과), 김철, 최재찬(부산대 기계공학부)

### A Study for Progressive Working of Electronic Products by the using 3-D Shape Recognition Method

Y. M. Kim, J. H. Kim, S. W. Song (Precision Mech. Eng. Dept., PNU Graduate school),  
C. Kim, J. C. Choi (Mech. Eng. Dept., ERC/NSDM, PNU)

#### ABSTRACT

This paper describes a research work of developing a computer-aided design of product with bending and piercing for progressive working. An approach to the system for progressive working 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. 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, strip layout and die 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, bending sequence, and availability of press. Strip layout drawing generated by the piercing processes with punch profiles divided into for external area is simulated in 3-D graphic forms, including bending sequences for the product with piercing and bending. Results obtained using the modules enable the manufacturer for progressive working of electronic products to be more efficient in this field.

**Key Words** : Bending (굽힘), Bending sequence (굽힘가공순서), Flat pattern layout (펼친도면), Knowledge Based Rules (지식 베이스규칙), Strip Layout (스트립레이아웃), 3-D Shape Recognition (3차원 형상인식)

#### 1. 서론

굽힘 공정을 갖는 제품의 플랫 패턴 레이아웃과 스트립-레이아웃은 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단에 의해 수행되어왔다. 그러나, 최근에는 고정도화 및 납기 단축으로 인하여 컴퓨터를 이용한 설계기술의 필요성이 대두되었다. 그리하여, 숙련된 기술자의 경험을 정식화하여 컴퓨터를 이용한 설계 자동화에 관한 연구가 보고되고 있다.<sup>1-5)</sup>

본 연구에서는 피어싱 및 굽힘 공정을 갖는 전기 제품에 대하여, 2차원 형상 인식으로 다양한 형상을 표현하지 못하는 기존의 공정설계에서 벗어나 3차원 형상을 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하였으며, 굽힘 공정에 영향을 미치는 여러 가지 인자들을 고려하여 제품의 외부영역에서 펀치형상의 분할을 이

루어지도록 하여 피어싱 가공을 수행하도록 하였다. 또한, 굽힘 및 피어싱 공정들에 대하여 간섭이 발생하지 않도록 공정순서를 결정하고 동시에 가공이 가능한 공정들은 한 공정에서 작업이 가능하도록 하여 최소의 공정으로 레이아웃을 전개하였으며, 이러한 공정설계 데이터를 이용하여 프로그레시브 금형을 자동으로 설계하는 시스템을 개발하였다.

#### 2. 시스템의 구성

본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 플랫 패턴 레이아웃모듈, 스트립 레이아웃 모듈, 다이 레이아웃 모듈로 구축되어 있고, 하나의 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙과 데이터 베이스를 공유하게 되어 있다. 또한, 시스템의 진행방식은 선택의 다양

성을 위하여 대화식을 이용하였으며 시스템의 전체적인 구조를 Fig. 1에 나타내었다.

굽힘 공정이 있는 전기 제품에 대하여, 입력 및 형상처리 모듈에서는 사용자가 제품의 형상 및 굽힘과 관련된 사항을 입력시키면 이를 자동 인식하여, 그 데이터를 플레이트 패턴 레이아웃 모듈로 넘긴다. 플레이트 패턴 레이아웃 모듈에서는 굽힘 여유량을 고려한 펼친 형태의 도면을 창출시키고, 스트립 레이아웃 모듈에 전달한다.

스트립 레이아웃 모듈에서는 굽힘 공정에 대하여 간섭이 발생하지 않는 공정순서를 결정한다. 결정된 공정순서를 이용하여 다이 레이아웃에서는 다이 플레이트, 스트리퍼 플레이트, 펀치 플레이트를 설계한다. 이러한 시스템을 구성하는 각 모듈들의 기능적인 설명은 아래에서 간략히 다루었다.

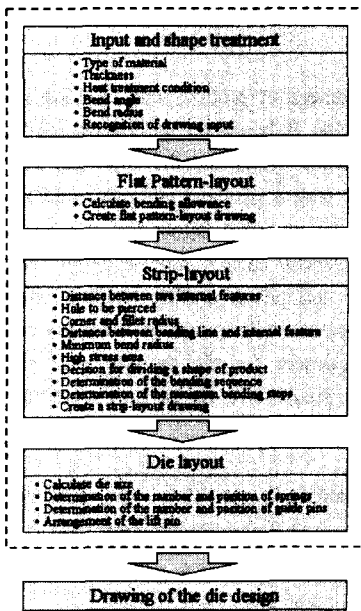


Fig. 1 Modular structure of system for progressive working

## 2.1 입력 및 형상처리 모듈

입력 및 형상처리모듈은 입력과 형상처리모듈로 나뉘어지는데, 입력모듈에서는 소재의 종류, 두께, 폭, 열처리 조건 등을 입력하면, 소재의 기계적 성질에 관한 정보를 데이터 베이스로부터 자동적으로 읽어 들인다.

또한, 형상처리 모듈은 굽힘 및 피어싱 공정을 갖는 제품에 대하여 3차원 형상인식을 위하여 형상 데이터를 설계에 용이한 수치 리스트 형식으로 변환시키는 모듈이다.

### 2.1.1 평면의 형상리스트

제품은 굽힘선으로 나뉘어지는 평면들의 조합으로 정의되어지고, 각 평면은 외부형상과 내부의 홀(hole) 및 슬롯(slot) 형상으로 구성되어 있다.

제품의 도면 요소들은 랜덤하게 직선이나 원호의 조합으로 된 리스트와 원으로만 조합된 리스트를 아래의 형식으로 만들어 저장한다.

폐루프 단위로 구성된 외부형상과 각각 내부형상들은 하나의 평면 리스트를 구성하고, 평면의 리스트들의 조합으로 제품의 형상리스트가 아래의 형식으로 구성되어진다.

(( "P1" (외부형상 내부형상(1)... 내부형상(n))  
.....  
( "Pn" (외부형상 내부형상(1).. 내부형상(n))

### 2.1.2 제품의 굽힘 리스트

굽힘 공정이 있는 제품은 굽힘에 대한 정보 및 굽힘선과 상호 연결되는 평면과의 상호관계를 정의해야만 한다. 굽힘에 관한 정보는 굽힘라인의 엔티티 정보, 굽힘각도, 굽힘반경, 굽힘이동정보로 구성되어 있고, 평면에 대한 정보는 고정된 기준 평면과 회전평면으로 구성되어 있다.

(( "B1" (굽힘라인정보) 굽힘각도 굽힘반경 굽힘이동정보 기준평면 회전평면)  
.....  
( "Bn" (굽힘라인정보) 굽힘각도 굽힘반경 굽힘이동정보 기준평면 회전평면))

## 2.2 플레이트 패턴 레이아웃 모듈

플레이트 패턴 레이아웃 모듈에서는 각 굽힘라인에 대하여 데이터 베이스로부터 읽어 들인 소재의 재질에 따른 계수와 굽힘리스트에 저장되어 있는 굽힘반경, 굽힘각도를 추출하여 굽힘 여유량을 계산한다. 또한, 굽힘 리스트에 저장되어진 굽힘라인의 역순으로 하나씩 펼치는데, 이 때 굽힘과 관련되는 평면을 자동적으로 탐색하여 평면의 각 질점을 회전시키고, 이를 다시 계산된 굽힘 여유량 만큼 이동시킨다. 이러한 과정을 반복함으로써 그래픽 형태로 스크린 상에 출력시킨다.

## 2.3 스트립 레이아웃 모듈

스트립 레이아웃 모듈은 공정에 영향을 미치는 여러 가지 인자들을 고려하여 공정순서를 결정하고, 최소의 공정으로 굽힘 가공을 수행하는 3차원 형상의 공정설계도면이 자동적으로 창출되어진다.

## 2.4 다이 레이아웃 모듈

다이 레이아웃 모듈에서는 스트립 레이아웃에서의 결과를 이용하여 펀치다이, 다이 플레이트, 스트

리퍼 플레이트, 펀치 플레이트, 가이드 플레이트의 설계가 이루어진다. 또한, 가이드 핀, 스프링, 체결 볼트의 개수를 계산하고, 위치를 결정하기 위하여 간섭량을 체크하여 간섭이 발생하지 않는 적절한 위치에 배열함으로써 금형의 설계가 이루어진다.

### 3. 시스템의 적용 및 고찰

본 연구에서는 Fig. 2와 같은 굽힘 공정이 있는 전기 제품에 대하여 개발된 공정설계 자동화 시스템에 적용시켜, 각 모듈에서 수행된 결과에 대하여 고찰하고자 한다.

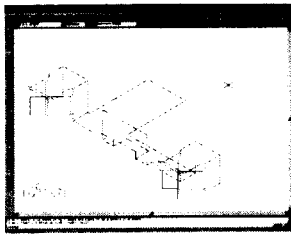


Fig. 2 A simple electronic product

#### 3.1 입력 및 형상처리 모듈에 적용

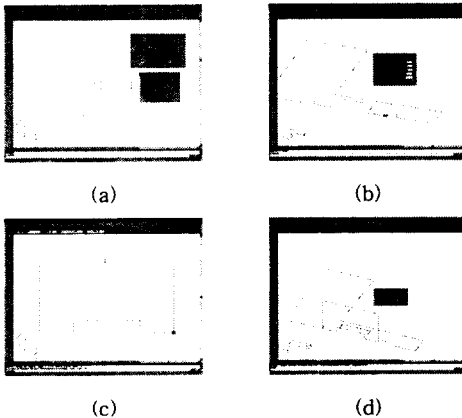


Fig. 3 Application procedure for the input and shape treatment module

사용자가 굽힘 공정을 갖는 제품에 대하여 Fig. 3-a)와 같이 소재의 종류 및 열처리조건, 두께를 입력시킨 후, 각 평면별로 형상 데이터를 입력하였다. 이 때, 사용자의 편의를 위하여 X-Y평면상에 입력할 수 있도록 시스템이 구성되었다.

하나의 평면의 형상데이터가 자동적으로 인식되고 나면, Fig. 3-b)와 같이 굽힘라인을 선택되어지고, 선택되어진 굽힘라인에 해당되는 굽힘각도, 굽힘반경, 굽힘라인의 이동정보등을 입력한다. 굽힘에 대한 정보가 입력되고 나면, 다음 평면을 입력할 수

있도록 스크린을 클리어(clear)한 후, 굽힘 라인만이 다시 그려진다. Fig. 3-c)와 같이 두 번째 평면을 입력하면, 자동적으로 형상을 인식하여, 굽힘된 후의 제품형상을 Fig. 3-d)와 같이 스크린 상에 사용자가 알 수 있도록 시스템이 나타내었다. 이러한 과정을 통해서 자동 인식된 제품의 형상리스트와 굽힘 리스트를 창출하였다.

#### 3.2 플레이트 패턴 레이아웃 모듈에 적용

입력 및 형상처리 모듈에서 자동적으로 인식된 평면의 형상리스트와 굽힘리스트를 이용하여, 플레이트 패턴 레이아웃 모듈에서 굽힘 리스트에 저장되어 있는 굽힘의 역순으로, 소재의 재질에 따라 데이터 베이스로부터 얻은 굽힘 계수와 굽힘리스트에 저장된 굽힘반경, 굽힘각도를 추출하여 굽힘 여유량을 계산한 후, 굽힘과 관련되는 평면을 자동적으로 탐색하여, 이에 해당되는 평면 위의 각 질점을 회전시키고, 이를 다시 계산된 굽힘 여유량 만큼 이동시켰다. 이러한 과정을 반복하여 Fig. 4와 같이 펼친 형태의 도면을 그래픽 형태로 스크린 상에 출력시켰다. 여기서, 해칭 부분은 굽힘 여유량을 나타낸 것이다.

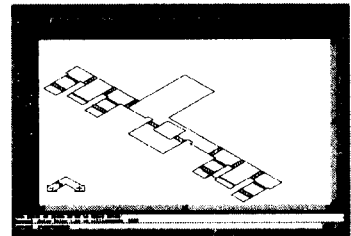


Fig. 4 The results carried out in flat pattern layout module

#### 3.3 스트립 레이아웃 모듈에 적용

Fig. 4와 같은 플레이트 패턴 레이아웃을 스트립 레이아웃 모듈에 적용시킬 때 이 모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5-a)에서는 이송오차를 줄이고 소재의 규격을 일정하게 만들기 위하여 소재의 양끝부분을 절단 해 주는 사이드컷팅 공정이 먼저 수행된다. Fig. 5-b)에서는 Fig. 5-c)의 굽힘공정을 수행하기 위하여 해당되는 외부의 피어싱, 즉 노칭(notching)을 먼저 수행한다. 노칭펀치의 형상은 제품의 외곽형상에 따라 사용자와 대화식을 통하여 결정한다. Fig. 5-c)에서는 굽힘공정을 수행하고, 동시에 제품의 중앙부분에 있는 피어싱을 수행한다. Fig. 5-d)에서는 Fig. 5-f)에서 수행할 굽힘공정을 위한 노칭의 수행과 동시에 제품의 양쪽 끝부분의 굽힘공정을 수행한다. Fig. 5-e)에서의 노칭공정은 Fig. 5-f)의 굽힘공정을 수행

한다. Fig. 5-f)에서는 두 가지 종류의 굽힘공정이 수행되며, 제품의 가운데 부분의 굽힘은 피딩 방향과 일치하는 것과 양쪽 끝부분의 굽힘공정이 피딩 방향에 수직인 굽힘공정이다. 피딩 방향에 수직인 굽힘공정은 제품의 중앙부를 기준으로 양쪽에 3개의 굽힘으로 구성되고, 이 수직방향 굽힘은 간섭이 발생하지 않도록 하기 위하여 가운데 부분의 굽힘공정을 먼저 수행한다. 다음으로 Fig. 5-g)와 같이 제품 중앙부에 가까운 곳에 위치한 굽힘을 수행하고, 최종적으로 Fig. 5-h)와 같이 제품 중앙부에서 먼 곳에 위치한 굽힘공정을 수행하여 원하는 전기 제품을 얻을 수 있다.

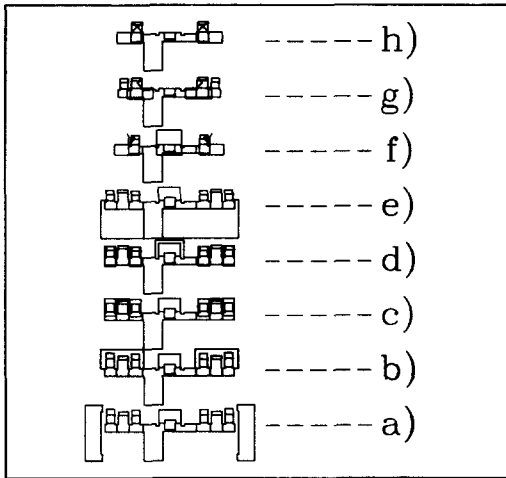


Fig. 5 The result of strip-layout module including piercing and bending punch

### 3.4 다이 레이아웃에 적용

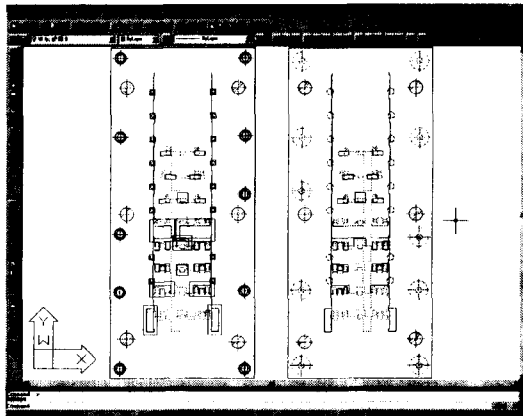


Fig. 6 The final drawing of the Die design

스트립 레이아웃의 결과를 이용하여 금형의 폭과 길이를 계산하여 금형의 크기를 결정하고, 금형 크기에 따라 가이드 핀의 개수를 6개로 설계하였다.

또한 가이드 핀의 위치를 결정하여 상하부 금형에 우선 배치하였다. 하부 금형에서는 금형 크기에 의해 설계된 체결볼트 10개의 위치를 등간격으로 놓이도록 하는데, 이때 가이드 핀과의 간섭을 체크하여 간섭 발생 시에는 가이드 핀과 간섭이 발생하지 않는 거리를 유지하도록 이동시킨 위치에 배열하였다. 상부 금형에서는 전단력과 벤딩력을 고려하여 스프링의 개수를 10개로 결정하여 배치하였다. 이 경우 가이드 핀과의 간섭을 체크하면서 그 위치를 선정하였다. 리프트 핀은 공정에 간섭이 일어나는 부분을 제외한 나머지 위치에 피치간격으로 배열하였다.

### 4. 결론

본 연구에서는 굽힘 및 피어싱 공정을 갖는 전기 제품에 대하여 프로그래시브 가공을 위한 3차원 형상의 스트립 레이아웃 및 다이 레이아웃을 수행하고, 금형을 설계할 수 있는 시스템을 개발하였다.

개발된 시스템의 장점은 다음과 같다.

1. 굽힘을 갖는 전기 제품에 대하여 프로그래시브 스트립 레이아웃 도면을 그래픽 형태로 자동적으로 출력시킬 수 있다.
2. 플랫폼 패턴 및 형상처리모듈에서는 필친 형태의 도면을 창출하고, 설계의 자동화에 용이하도록 그 형상데이터를 수치데이터로 변환시켜 형상들의 리스트를 자동인식 시킬 수 있다.
3. 피어싱 및 굽힘가공에 대하여 간섭이 발생하지 않는 공정순서를 결정하고, 최소의 공정을 가지는 스트립 레이아웃을 얻을 수 있다.
4. 다이 레이아웃에서는 금형의 크기와 가이드 핀, 스프링, 체결볼트의 개수와 위치를 결정하여 금형설계에 도움을 줄 수 있다.

시스템의 개발로 인하여 현장에서는 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화시킴으로써 설계지침의 표준화를 이룰 수 있다.

### 참고문헌

1. G. Schaffer, "Computer design of progressive dies," Am. Mach. Vol. 22, pp. 73-75, 1971.
2. Y. Shibata and Y. Kunimoto, "Sheet metal CAD/CAM system," Bull. Jpn. Soc. Prec. eng., Vol. 15, pp. 219-224, 1981.
3. J.C. Choi, B.M. Kim, H.Y. Cho, Chul Kim, "A compact and practical CAD system for blanking or piercing of irregular-shaped sheet metal products and stator and rotor parts," International Journal of MACHINE TOOLS & MANUFACTURE, Vol. 38, pp. 931-963, 1998.
4. J.C. Choi, B.M. Kim, H.Y. Cho, Chul Kim, J.H. Kim, "An integrated CAD system for the blanking of irregular-shaped sheet metal products," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 83, pp. 84-97, 1998.
5. 김재훈, 김철, 최재찬, "전기제품의 프로그래시브 가공을 위한 공정설계 자동화 시스템," 한국정밀공학회지, 제17권, 제8호, pp. 198-206, 2000.