

전기제품의 프로그레시브 가공을 위한 통합적 CAD 시스템

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

An Integrated CAD System for Progressive Working of Electronic Products

J. H. Kim, Y. M. Kim(Precision Mech. Eng. Dept., PNU Graduate school),

Chul 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 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 three main modules, which are input and shape treatment, flat pattern layout 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, bending sequence, and availability of press. Strip layout drawing automatically generated by piercing 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 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.^[1-6]

본 연구에서는 굽힘 공정을 갖는 전기제품에 대하여, 2차원 형상 인식으로 다양한 형상을 표현하지 못하는 기존의 공정설계에서 벗어나 3차원 형상을 인식 할 수 있는 알고리즘을 개발하였으며, 굽힘 공정에 영향을 미치는 여러 가지 인자들을 고려하여 제품의 외부영역에서 펀치형상의 분할이 자동적으로 이루어지도록 하여 피어싱 가공을 수행하도록 하였다. 또한, 버링과 상하좌우 방향의 굽힘 공정들에 대

하여 간섭이 발생하지 않도록 공정순서를 결정하고 동시에 굽힘 가공을 할 수 있는 공정들은 한 공정에서 작업이 가능하도록 하여 최소의 공정으로 3차원 형상의 굽힘 가공을 수행할 수 있는 프로그레시브 공정설계 자동화 시스템을 개발했다.

2. 시스템의 구성

본 시스템은 입력 및 형상처리모듈, 플랫 패턴 레이아웃모듈, 스트립 레이아웃모듈로 구축되어 있고, 하나의 환경에서 수행되며 각 모듈들이 규칙과 데이터 베이스를 공유하므로 수행 중 시스템을 중단하지 않고서 모든 과정을 수행할 수 있는 장점이 있다. 또한, 시스템의 진행방식은 선택의 다양성을 위하여 대화식을 이용하였으며 시스템의 전체적인 구조를 Fig. 1에 나타내었다.

굽힘 공정을 갖는 전기 제품에 대하여, 입력 및 형상처리모듈에서는 사용자가 제품의 형상 및 굽힘

과 관련된 사항을 입력시키면 이를 자동 인식하여, 그 데이터를 플랫폼 패턴 레이아웃 모듈로 넘긴다. 플랫폼 패턴 레이아웃 모듈에서는 굽힘 여유량을 고려한 펼친 형태의 도면을 창출시키고, 스트립레이아웃 모듈에 전달한다.

스트립레이아웃모듈에서는 굽힘 공정에 대하여 간섭이 발생하지 않는 공정순서를 결정한다. 이러한 시스템을 구성하는 각 모듈들의 기능적인 설명은 아래에서 간략히 다루었다.

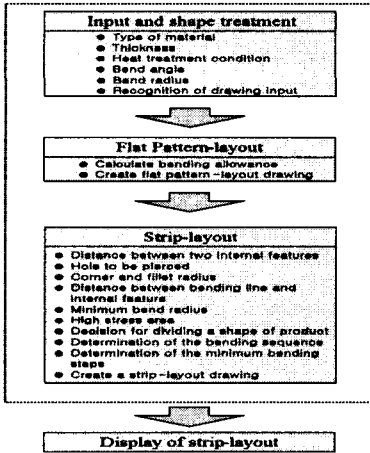


Fig. 1 Modular structure of the CAD system

2.1 입력 및 형상처리입력 및 형상처리

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, 형상처리모듈에서는 굽힘 공정을 갖는 제품에 대하여 3차원 형상인식을 위하여 형상 데이터를 설계에 용이한 수치 리스트 형식으로 변환시키는 모듈이다.

2.1.1 이론적 배경

굽힘 공정을 갖는 3차원 형상의 제품을 인식하기 위해서는 굽힘선을 기준으로 회전되어지는 평면위의 절점과 굽힘선의 관계를 명확하게 정의하여야 한다.

그림에서 평면위의 한 점 (x_3, y_3, z_3) 이 (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) 를 지나는 직선, 즉 굽힘선을 기준으로 θ 만큼 회전한 점 (x_6, y_6, z_6) 을 구하고자 한다.

공간상에서 (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) 의 두 점을 지나는 직선의 방정식은 (1)과 같다.

$$\frac{x-x_1}{l} = \frac{y-y_1}{m} = \frac{z-z_1}{n} = k \quad (1)$$

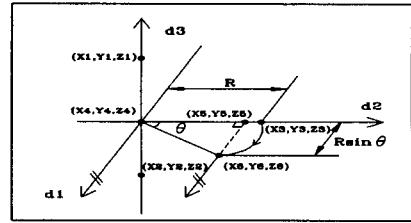


Fig. 2 Rotation of 3D co-ordinates

(x_3, y_3, z_3) 을 포함하며 직선과 수직인 평면의 방정식은 (2)와 같다.

$$l(x-x_3) + m(y-y_3) + n(z-z_3) = 0 \quad (2)$$

식 (1)과 (2)로부터 교차점 (x_4, y_4, z_4) 은 다음과 같다.

$$(x_4, y_4, z_4) = (lk+x_1, mk+y_1, nk+z_1) \quad (3)$$

\vec{d}_1 의 단위벡터를 \vec{h} 라 두면

$$\vec{h} = \frac{\vec{d}_1}{|\vec{d}_1|} = (d_x, d_y, d_z) \quad (4)$$

(x_5, y_5, z_5) 와 (x_6, y_6, z_6) 를 지나는 직선의 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{x^*-x_5}{d_x} = \frac{y^*-y_5}{d_y} = \frac{z^*-z_5}{d_z} = t \quad (5)$$

식(4)과 식(5)로부터 (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) 를 지나는 직선을 기준으로 θ 만큼 회전하였을 때의 점 (x_6, y_6, z_6) 의 좌표는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x_6 &= t \cdot d_x + x_5 \\ y_6 &= t \cdot d_y + y_5 \\ z_6 &= t \cdot d_z + z_5 \end{aligned} \quad (6)$$

2.1.2 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 조합으로된 리스트와 원으로만 조합된 리스트를 페루프의 형식으로 만들어 저장한다.

페루프 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)))

2.1.3 제품의 굽힘 리스트

굽힘 공정을 갖는 제품은 굽힘에 대한 정보 및 굽힘선과 상호 연결되는 평면과의 상호관계를 정의

해야만 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 레이아웃모듈

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 스트립레이아웃모듈

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

3. 시스템의 적용 및 고찰

본 연구에서는 Fig. 3과 같은 굽힘 공정을 갖는 전기 제품에 대하여 개발된 공정설계 자동화 시스템에 적용시켜, 각 모듈에서 수행된 결과에 대하여 고찰하고자 한다.

3.1 입력 및 형상처리모듈에 적용

사용자가 굽힘 공정을 갖는 제품에 대하여 Fig. 4-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. 4-b)와 같이 굽힘라인을 선택되어지고, 선택되어진 굽힘라인에 해당하는 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. 4-c)와 같이 두 번째 평면을 입력하면, 자동적으로 형상을 인식하여, 굽힘된 후의 제품형상을 Fig. 4-d)와 같이 스크린 상에 사용자가 알 수 있

도록 시스템이 나타내었다. 이러한 과정을 통해서 자동 인식된 제품의 형상리스트와 굽힘 리스트를 창출하였다.

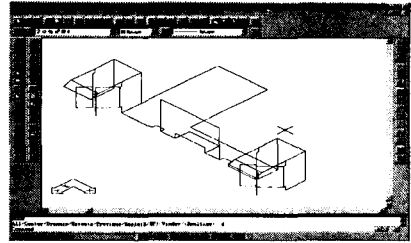


Fig. 3 A simple product

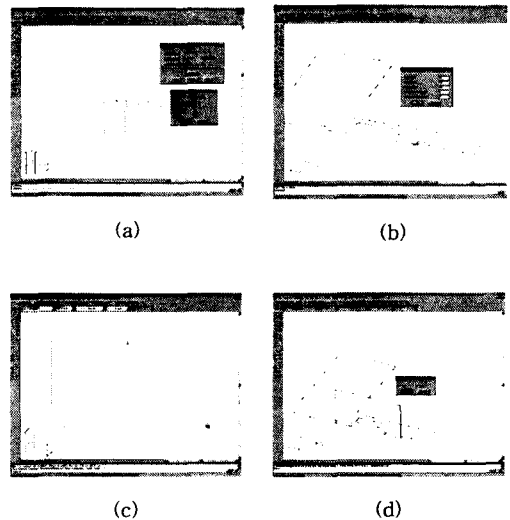


Fig. 4 Application procedure for the input and shape treatment module

3.2 플레이트 패턴 레이아웃모듈에 적용

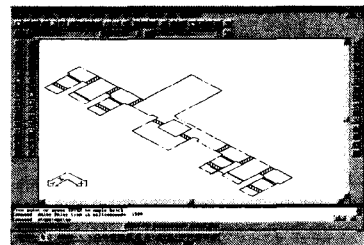


Fig. 5 The results carried out in flat pattern layout module

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 관련된 평면을 자동적으로 탐색하여, 이에 해당되는 평면위의 각 절점을 회전시키고, 이를 다시 계산된 굽힘 여유량 만큼 이동시켰다. 이러한 과정을 반복하여 Fig. 5와 같이 펼친 형태의 도면을 그래픽 형태로 스크린 상에 출력시켰다. 여기서, 해칭 부분은 굽힘 여유량을 나타낸 것이다.

3.3 스트립레이아웃모듈에 적용

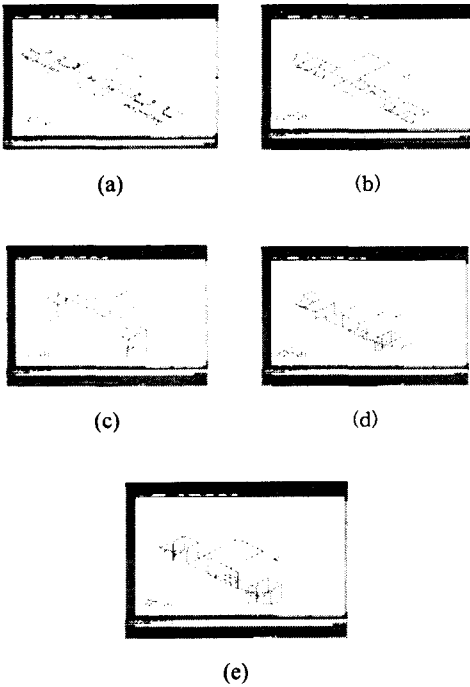


Fig. 6 The result carried out in strip-layout module

Fig. 5와 같은 플레이트 패턴 레이아웃 도면을 스트립레이아웃모듈에 적용시킬 때 이 모듈에서 수행되어 출력된 결과를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6-a)와 같이 플레이트 패턴 레이아웃이 전달되면, 스트립레이아웃 규칙4)에 의하여 굽힘을 수행하기 전에 해당되는 외부의 피어싱, 즉 노칭(notching)을 먼저 수행하였다. 노칭편치의 형상은 제품의 외곽형상에 따라 사용자와 대화식을 통하여 결정하였고, 결정된 형상의 다이블랭크 형상에 의해 간섭을 체크하여 한 공정에 가능하므로, 한번에 노칭공정을 수행하였다. 굽힘공정은 Fig. 6-b)와 같이 스트립 레이아웃 규칙3)에 따라 피딩방향의 굽힘을 먼저 수행하였다. 이 때, 연속적으로 셋업(setup)이 가능한 굽힘과 굽힘금형들간의 간섭이 발생하지 않으므로 스트립 레이아웃 규칙

1)에 의해 동시에 굽힘 공정을 수행하였다. 또한, 스트립 레이아웃 규칙2)에 의해 피딩방향의 수직방향 굽힘은 간섭이 발생하지 않도록 Fig. 6-c)와 같이 가운데 부분의 굽힘공정을 먼저 수행하고 Fig. 6-d)와 같이 고정평면에서 가까운 곳에 위치한 굽힘을 수행하고, 최종적으로 Fig. 6-e)와 같이 고정평면에 먼 곳에 위치한 굽힘공정을 수행하여 원하는 전기 제품을 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 굽힘 공정을 갖는 전기 제품에 대하여 프로그레시브 가공을 위한 3차원 형상의 스트립레이아웃을 수행할 수 있는 공정설계 자동화 시스템을 개발했다.

개발된 시스템의 장점은 다음과 같다.

1. 굽힘을 갖는 전기제품에 대하여 프로그레시브 스트립 레이아웃 도면을 3차원형상 그래픽 형태로 자동적으로 출력시킬 수 있다.
2. 플레이트 패턴 및 형상처리모듈에서는 펼친 형태의 도면을 창출하고, 설계의 자동화에 용이하도록 그 형상데이터를 수치데이터로 변환시켜 내부형상, 외부형상, 굽힘선 리스트를 자동인식시킬 수 있다.
3. 굽힘 가공에 대하여 간섭이 발생하지 않는 공정순서를 결정하고, 또한 동시에 굽힘가공을 할 수 있는 공정들은 한 공정에서 작업함으로써 최소의 공정으로 굽힘가공을 수행할 수 있다.

시스템의 개발로 인하여 현장에서는 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화시킴으로써 설계지침의 표준화를 이룰 수 있고 초보자의 교육에 쉽게 활용될 수 있다. 또한, 개발된 시스템을 AutoCAD환경에서 구현시킴으로써 시스템의 결과를 다른 CAE 소프트웨어 및 CAM 가공용 소프트웨어와 원활한 연결을 할 수 있도록 하였다.

참고 문헌

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 MTRD conference, pp. 171-176, 1978.
5. 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.