한국소성가공학회 2000년도 추계학술대회 논문집 pp.132~135

# 자동차 모터 프레임 금형의 공정설계 전문가 시스템에 관한 연구

배원락* · 박동환* · 박상봉** · 강성수***

# A Study on the Process Design Expert System in Motor-Frame Die of an Automobile

W. R. Bae, D. H. Park, S. B. Park and S. S Kang

## Abstract

A process design expert system for rotationally symmetric deep drawing products has been developed. The application of the expert system to non-axisymmetric components, however, has not been reported yet. Thus, in this present study, the expert system for non-axisymmetric deep drawing products with elliptical shape was constructed by using process sequence design. The system developed in this work consists of four modules. The first one is a recognition of shape module to recognize non-axisymmetric products. The second one is three dimensional (3-D) modeling module to calculate the surface area for non-axisymmetric products. The third one is a blank design module to create an oval-shaped blank with the identical surface area. The forth one is a process planning module based on the production rules that play the best important role in an expert system for manufacturing. The production rules are generated and upgraded by interviewing with field engineers.

**Key Words** : Non-Axisymmetric Deep Drawing Products, Process Sequence Design, Production Rules, Expert System

## 1. 서 론

최근 디프 드로잉 공정설계는 전문가 시스템 및 인공지능 개념을 도입하여 활발하게 전개되고 있다. 디프 드로잉 공정설계에 관한 연구는 1985년 G. Eshel 등이 자동 창생에 관한 규칙베이스 시스템을 개발하였으며, 각형 디프 드로잉의 공정분할에서 퍼스널 컴퓨터를 이용한 블랭크 형상 및 공정분할수의 계산에 관하여 G. Perotti 등이 연구한 것이 보고되고 있다. M. Tisza는 디프 드로잉 공정의 CAD/CAM 시스템에 관해 기술하고 블랭크

* 부산대학교 정밀기계공학과 대학원
** 동의공업대학 금형설계과
*** 부산대학교 기계공학부

설계와 이의 레이아웃 설계에 대한 연구결과를 발표하였다. 1991년 S. K. Sitaraman 등은 축대칭 판재 금속의 성형에 있어 G&TR(Generate, Test & Rectify)기법을 이용하여 지식베이스 시스템을 개발하였다. 축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계를 위한 컴퓨터 시스템의 응용기술은 다양한 관점에서 연구되고 있다.[1] 하지만, 비축대칭 디프 드로잉 제품에 대한 공정설계 자동화 시스템에 관한 연구는 그 결과가 아주 미비한 실정이다. Park 등이 개발한 기존의 시스템의 경우는 현장기술자의 노하우(know-how)를 D/B화하고 기본적인 공정규칙에 설립에만 중점을 두고 개발되어 한정된 제품에만 적용되었다.[7]

그러므로, 본 연구에서는 여러 가지 다른 형상의 제품을 적용하기 위한 시스템의 확장에 중점을 두었으며, 이를 보완하고 수정하기 위해 형상인식 모듈부터 그래픽 모듈까지를 I/O 데이터가 명확한 세부모듈로 나누고 또한 필요한 부분의 추가 모듈도 개발하여 공정설계 전문가 시스템을 구축하였다.

## 2. 공정설계 시스템 구축

본 연구와 같은 공정설계 전문가 시스템 개발에서는 시스템을 Fig. 1(a)와 같이 프로그램의 흐름을 serial flow로 구성하게 되면 프로그램의 수정 및 확장이 어렵게 되는데, 이것은 시스템이 한정된 제품에만 적용 가능하다는 것을 의미한다. 그러므로, 본 연구에서 개발된 시스템은 Fig. 1(b)와 같이 부함수의 I/O 데이터가 명확하게 하고 이것을 세부 모듈화 하였다.

### 2.1 시스템 확장의 방향 및 방법

먼저 형상인식에 있어서 요소의 축소 및 확대 해석을 통하여 실제 가능한 엔티티를 반영한다. 그리고, 새로운 엔티티의 반영 시에는 Name_List의 7번째 Digit을 사용함으로써 형상의 특징에 관한 정보를 저장한다. 시스템에서는 예상되는 엔티티를 검토해 본 결과 원호 형상의 엔티티 방법을 새롭게 제시하였다. 이 방법은 간단히 말하면 7번째의 Digit를 아래와 같이 3가지 정수로 구분하여 시스템을 확장하는 것이다.

- 수직 원호 : 2.0
- 오목 원호 : -1.0
- 볼록 원호 : 1.0

그러므로, 시스템 확장의 기본 방향은 위와 같이 7번째 Digit을 기존 시스템 전반에 반영하고, 버그 여부를 검토하여 수정해 나가는 것이고, Table 1은 이러한 개념에 따른 시스템 확장의 전체적인 방법론을 제시한다.

**Table 1 Method of system development**

| ◆ 시스템에 7th digit 반영 검토 | |
|---|---|
| ⇒형상인식<br>⇒모델링 모듈<br>⇒그래픽 모듈 | Name_List와 관련 |
| ◆ 예상 Entity 전개에 대한 공정설계 합리화 | |
| ⇒공정설계 표준화 작성<br>⇒알고리즘 확립<br>⇒시스템 반영을 위한 정리 | |
| ◆ 설계규칙 보완 및 시스템에 반영 | |
| ⇒기존 설계규칙과의 중복성<br>⇒불합리한 규칙 배제<br>⇒설계규칙의 확정 | |

### 2.2 형상인식 모듈

본 시스템에서 형상인식이란 초기 사용자가 입력한 단면형상의 정보를 Auto CAD상에서 DXF code를 읽고 이것을 공정설계 전문가 시스템에 적용할 수 있는 Data 형식(Entity_List)으로 바꾸는 일련의 과정을 일컫는다.

초기의 데이터 형식은 다음의 데이터 형식처럼 DXF code로부터 직선(line)과 호(arc)의 시작점, 끝점과 중심점에 대한 데이터를 임의의 순서로 받아들인 것이다. 이것을 Random_List라 한다.

```
("0"
("A" (153.467 164.678 0.0) (153.467 164.178 0.0)
(152.967 164.178 0.0))
("A" (152.467 156.078 0.0) (152.467 156.578 0.0)
(152.967 156.578 0.0))
  ...
("L" (153.467 164.678 0.0) (158.967 164.678 0.0))
("L" (152.967 156.578 0.0) (152.967 164.178 0.0))
 ...
)
```

본 시스템에서는 이런 Random_List를 Table 2에서 보여주는 Entity_List형식으로 바꾸기 위해 Sorting과 같은 여러 가지 과정을 가지게 된다. 이렇게 초기 단면 형상의 입력이나 Entity_List를 얻기 위한 일련의 과정에서 데이터간의 간섭오차가 생기게 되어 시스템의 오류가 발생하게된다.

이런 점을 감안하여 기존의 시스템을 평가하여 본 결과 다음과 같은 2가지의 문제점이 발생되었다.

① DXF code로부터 Random_List를 만들 때 끝처리오차의 발생과 이로 인한 기준점이 되는 Bottom 중심점을 구하지 못함
③ CW(clock wise)으로만 입력형상을 그려야만 함.

**Table 2 Definition of Entity_List**

| Constitutions | ( Entity_name, Entity_type, T, OD, ID, H, CA, FR ) |
|---|---|
| Contents | ▶ Entity_name : Feature that the entity represents (e. g. bottom, wall, flange) |
| | ▶ Entity_type : Class of entity (e. g. HL, VL, TL) ※ ( HL : Horizontal List, VL : Vertical List, TL : Taper List ) |
| | ▶ Thick : Thickness |
| | ▶ OD : Outside Diameter of entity |
| | ▶ ID : Inside Diameter of entity |
| | ▶ H : Height |
| | ▶ CA : Circular Arc (0, 1, -1, 2) |
| | ▶ FR : Fillet Radius of entity |

본 연구에서는 위의 문제점을 해결하기 위해 초기의 입력모델이 주는 정보와는 관계없이 Sorting과정을 거치게 하여 사용자의 편의를 도모하였고, Tolerance()와 Cut()등과 같은 부함수를 두어 치수오차에 대한 오류를 방지하였다.

### 2.3 모델링 모듈

AutoCAD 환경에서 치수오차의 제약을 가장 많이 받는 부분이 3-D modeling 부분이다. 따라서, 이 모듈에서는 기존의 하나의 부함수로 이루어진 것을 세분화하고 치수 오차를 줄일 수 있는 부분을 첨가하여 오류를 최소화하였다. Table 3은 모델링 모듈의 부함수에 대한 설명이다.

**Table 3 Sub-function of modeling module**

| 부함수 | | 내용 |
|---|---|---|
| Modeling | Poly_line | 모델링의 기초가 되는 N_List를 이용해서 단면 형상을 다시 나타내고 Edit하여 Poly_line까지의 생성 |
| | 2D_draft | 두께를 가지는 단면을 2D생성 |
| | 3D_generation | Poly_line을 이용 표면적 계산을 위한 입체생성 |

### 2.4 Post 모듈

이 모듈은 AutoCAD를 사용하지 못하는 사용자라도 공정설계시스템의 결과 파일인 *_rec.dwg 파일을 읽는데 편의를 주고자 개발하였다. Fig. 2는 시스템의 결과인 공정설계도를 나타낸 것이다. 이와 같이 Post 모듈을 개발한 이유는 앞의 결과들은 AutoCAD상에서 결과 파일의 각기 다른 Layer에 저장이 되어 있는데, 이것을 쉽게 사용할 수 있도록 하기 위한 것이다.

## 4. 결 론

(1) 개발된 시스템의 경우는 각각의 제품에 따라 시스템의 능력을 향상시킨 것이 아니라, 부분 엔티티의 개념을 확장시킴으로서 보다 다양한 제품의 공정설계 결과를 얻을 수 있었다.

(2) 공정설계 전문가 프로그램은 현재 적용하고 있는 13가지의 경우와 그 이외의 자동차용 모터 프레임 요크 제품에 대해서 공정설계 결과를 나타낼 수 있었고, 계속적인 D/B 구축에 대비하기 위하여 형상인식 부분은 여러 경우의 형상을 인식 후 표면적 계산 및 블랭크를 설계할 수 있도록 하였다.

(3) 프로그램의 유연성을 부여하기 위하여 각각의 제품에 대해서 4가지 경우의 결과를 도출 할 수 있도록 하였다.

## 후 기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터(ERC/NSDM)의 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

(1) 박상봉, 1997, "디프 드로잉 공정설계 및 금형설계의 자동화 시스템에 관한 연구", 부산대학교 박사학위논문
(2) 김두환, 1998, "원통형 용기의 다단계 딥드로잉 공정설계에 관한 연구", 한국소성학회지, 제7권, 제3호, pp. 225~232.
(3) 전기찬, 1993, "박판금속의 성형", 반도출판사, pp. 131~177.
(4) 太田 哲 著, 1972, "プレス絞り加工工程設計", 日刊工業新聞社, pp. 157~167.

(5) 中 川 威 雄, 1993, "新プレス加工データブック", 新プレス加工データブック編集委員會編, pp. 241~267.
(6) 이건우, 1998, "컴퓨터 그래픽과 CAD", 영지문화사, pp. 235~257.
(7) 박동환, 최병근, 박상봉, 강성수, 1999, "비축대칭 디프 드로잉 제품에 대한 공정설계 시스템의 적용" 한국소성가공학회지, 제8권, 제6호, pp. 591~603.
(8) Park D. H., Bae W. R. and Kang S. S., 2000, "Computer Aided Process Planning (CAPP) System for Non-Axisymmetric Deep Drawing Process", Key Engineering Materials, Vols. 177-180, pp. 523~528.

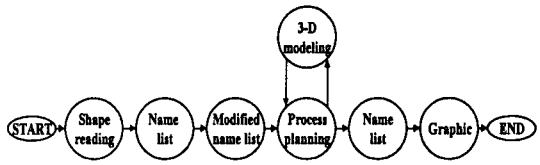


**Fig. 1 (a) The program flow of existing system**

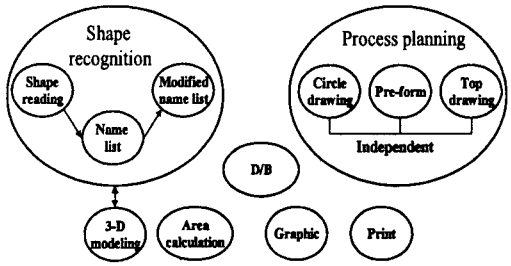


**Fig. 1(b) The program flow of modified system**

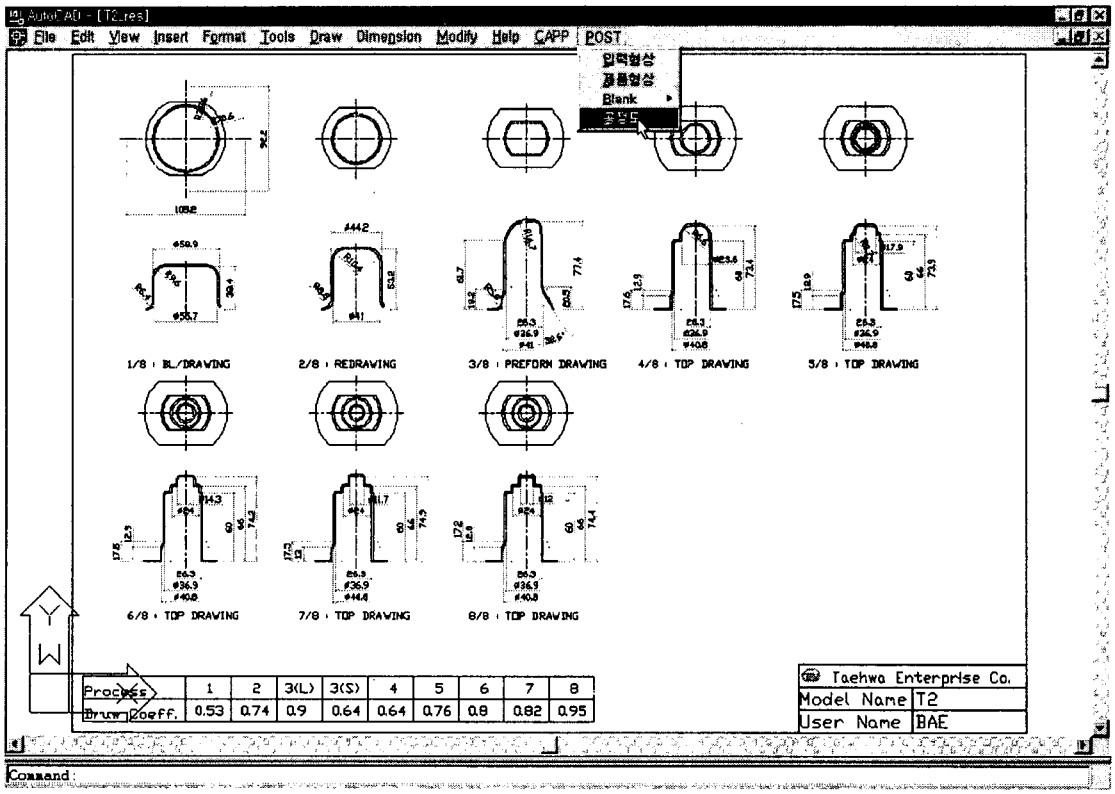


**Fig. 2 Process design of post module**