

축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계 시스템에 관한 연구

박 상 봉*, 최 영**, 김 병 민***, 최 재 찬***, 김 보 환****

A Study on the Computer-Aided Design System of Axisymmetric Deep Drawing Process

S. B. Park*, Y. Choi**, B. M. Kim***, J. C. Choi***, B. H. Kim****

*Dept. of Tool and Mould Design, Dongeui Technical Junior College

**Graduate Student, Pusan National University

***ERC for Net Shape and Die Manufacturing, Pusan National University

****Manufacturing Technology Center, LG Electronics Inc.

ABSTRACT

In this paper, a computer-aided design system for axisymmetric deep drawing process will be described. An approach to the system is based on the knowledge based system. The system has been written in AutoLISP with personal computer. The system is composed of four main modules, such as input, geometrical design, test & rectification and user modification. The system which aids designer provides powerful capabilities for the design of axisymmetric deep drawing process.

1. 서 론

프레스를 이용하여 판재금속을 가공하는 디프 드로잉 공정은 생활 주변의 가전제품에서부터 자동차의 내·외장 부품, 항공기의 기체를 만드는 부분까지 널리 이용되고 있으며, 또한 이 분야의 금형설계 및 제작기술은 국내외 산업의 주요 부분을 차지하고 있다. 디프 드로잉 성형은 일반적으로 펀치, 다이 및 블랭크홀더를 사용하며, 다이 위의 판재를 펀치로 가압하여 다이 속으로 변형시킴으로써 이루어진다. 이때 제품의 형상은 다이 또는 펀치의 윤곽(profile)을 따른다.

디프 드로잉 가공의 공정설계를 위한 컴퓨터를 이용한 자동화 혹은 지능화된 시스템에 관한 많은 연구가 보고되고 있다. Lange¹⁾ 등은 불규칙한 디프 드로잉 부품에서의 블랭크 최적형상에 대해서 "PLATIN 2"를 개발하였으며 Gerdeen²⁾은 원통형 판재금속

부품의 소성가공 해석을 위해서 "AXIFORM"을 개발하였다. "AGFPO"시스템³⁾은 디프 드로잉에 있어서 축대칭 회전형상 제품에 적용되었으며, 디프 드로잉 공정과 중간 보조공정을 정식화하여 시스템에 구체화시켰다. "Deep Drawing"시스템⁴⁾은 사용자의 중간 판단이 반영되는 대화형 프로그램이며 사각컵 등의 특수 형상은 원통형으로 등가시켜 드로잉 용력을 계산하는 방법으로 특수형상을 취급하였다. "AGFPO"시스템³⁾에 적용된 G&TR (generate, test and rectify)기법을 이용하여, Altan⁵⁾ 등은 축대칭 판재 성형에 있어 지식 베이스 시스템을 개발하였고, Zhu⁶⁾ 등은 디프 드로잉 공정설계에 관한 전문가 시스템인 "PAD_ES"를 개발하였다. Tisza⁷⁾는 박판금속의 성형에 관한 전문가 시스템을 발표하였고 추론기관은 G&TR기법을 이용하여 구성하였다.

본 연구에서는 축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계에 관한 CAD시스템을 지식 베이스 시스템을 기반으로 하여 개발하였다. 개발된 시스템은 축대칭 제품의 도면을 AutoCAD 환경에서 자동인식하여 제안된 G&TR기법으로 공정설계를 수행하도록 하였다.

2. 시스템의 구성

디프 드로잉 공정설계 시스템에 성공적으로 적용된^{3,5-7)} G&TR기법을 본 연구에 적용하여 구성한 시스템의 개략도는 Fig.1과 같다. 시스템의 입력은 AutoCAD상의 실제도면으로 한다. 입력(input) 모듈은 입력된 도면을 자동인식하여 도면 데이터를 공정설계 시스템에서 취급이 용이한 데이터 형태로 변환한다. 주요한 형상변화에 따라 공정을 가정하는 형상설계(geometrical design) 모듈에서 기초적인 공정설계가 이루어지고 성형성(formability)을 검토하고 공정을 수정하는 검사 및 수정(test & rectification) 모듈을 거치면 성공적인 공정을 창생할 수 있다. 창생된 공정을 숙련된 공정설계자가 쉽게 변경할 수 있는 사용자 수정(user modification) 모듈로 시스템을 구축하였다. 각 모듈의 기능 및 특징을 설명하면 다음과 같다.

2-1. 입력 모듈

소성가공 공정설계 시스템에서 형상의 자동인식은 Choi와 Kim⁸⁻⁹⁾등에 의해서 열간 단조 공정설계 시스템, 냉간단조 공정설계 시스템 등에 적용되었다. 개발된 디프 드로잉 공정설계 시스템의 입력은 AutoCAD상의 실제도면으로 한다. 여기서 도면상의 엔티티들의 속성(선 형태, 레이어, 색깔 등)을 인식하게 되며 설계에 필요한 도면요소를 추출하여 도면의 엔티티를 정렬한다. 도면요소의 형상데이터를 정렬하기 위해 좌표값의 최대값을 구하고 이를 이용하여 형상데이터를 정렬한다. 정렬된 데이터는 내측과

외측으로 구분되며 내측 데이터를 이용하여, 디프 드로잉 공정설계에 대한 생산규칙(production rule)에 적용이 용이한 데이터 형태^{3,5)}로 변환하게 된다. 이를 본 연구에서는 NAME_list로 부르기로 한다. Table.1에 NAME_list의 개념과 정의를 나타낸다. Fig.2에 예로서 입력된 도면과 형상이 자동인식되어 변환된 NAME_list를 보인다.

2-2. 형상설계 모듈

기초적인 공정을 가정하는 형상설계(geometrical design) 모듈의 개략도를 Fig.3에 나타낸다. 형상설계는 최종 제품으로부터 이전단계의 주요형상(previous main shape)을 결정하는 것으로 이전단계 형상이 블랭크가 될 때까지 반복 수행된다. 형상설계는 주요한 형상의 변화만으로 기초적 공정을 가정(generate)하는 것이다. 형상설계와 관련된 생산규칙^{3,5)}은 이전단계 형상이 좀더 단순한 형상이라는 것을 가정한다. Fig.2에 보여진 한가지 예는 Fig.4과 같은 단순한 형상인 블랭크로 변화되며, 체적일정조건이 만족되도록 치수가 결정된다. 본 연구에서는 판재의 두께변화를 무시하여 중심선에 대한 면적일정조건으로 치수를 결정하였다.

2-3. 검사 및 수정 모듈

검사 및 수정(test & rectification) 모듈은 형상설계 모듈에서 가정된 공정을 검사하고 수정한다. 선택된 공정의 성형성(formability)을 검토하기 위하여 여러 가지의 공정인자를 계산하고 이를 한계값과 비교한다. 본 연구에서는 공정인자로 드로잉률, 재드로잉률, 플랜지 벽두께비 등을 계산했고, 이에 따르는 한계값은 경험적인 데이터^{3,10)}를 이용하였다. 검사 및 수정 모듈의 개략도를 Fig.5에 나타내었다.

검사결과는 선택된 공정에 대한 가능성을 나타내고 결함발생 가능성에 대해서 경고를 하도록 하였다. 만약 공정이 부당하면 중간단계의 형상이 설계된다. 현재의 변형영역에 대해 이전단계의 형상은 단순한 컵으로 하였다. 펀치 형상 반경은 주름발생과 파단이 발생하지 않는 범위에서 선정하고 재드로잉시 자국이 남지 않도록 설계하였다. 검사 및 수정 모듈은 가정된 공정을 성공적인 공정으로 변환하며 Fig.3에 보인 가정된 공정에 대하여 성공적인 공정을 Fig.6에 보인다.

2-4. 사용자 수정 모듈

보고된 디프 드로잉^{3,5-7)} 시스템의 공정결과는 숙련된 공정설계 기술자도 초보자와 같은 결과를 얻도록 시스템에서 입력사항에 따라 설계되도록 하였으나, 본 연구에서는 숙련된 기술자일수록 시스템의 출력을 좀 더 보완할 수 있도록 사용자 수정 모듈을 개발하였다.

사용자 수정 모듈(user modification)에서는 중요한 공정인자인 적용 드로잉틀과 편치 형상 반경과 다이 형상 반경을 수정가능하도록 하였다. 사용자 수정 모듈에서 적용 드로잉틀을 변경하면 자동적으로 변경된 적용 드로잉틀로 재설계를 하도록 하였고, 편치와 다이 형상 반경을 변경하면 적용 드로잉틀과 체적이 일정하도록 하여 공정이 수정된다. 이러한 사용자 수정 모듈을 시스템에 도입함으로써 숙련된 공정설계 기술자의 경험이 시스템의 공정설계 결과에 반영되도록 하여 개발된 시스템의 유연성(flexibility)을 높였다.

3. 시스템의 적용 및 고찰

개발된 축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계 시스템을 연강판으로된 경사진 다단 컵에 적용한 결과를 Fig.7,8에 보인다. 공정을 가정하는 형상설계 모듈을 거친 후의 결과를 Fig.7에 나타내며 Fig.8에 검사 및 수정모듈 결과를 나타내었다. 성공적으로 G&TR기법이 적용되어짐을 알 수 있다. Fig.9에는 Altan⁹⁾등이 개발한 지식 베이스 시스템의 결과이다. 두 결과가 유사함을 알 수 있다.

개발된 축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계 시스템은 CAD/CAE/CAM 시스템으로 확장이 용이한 CAD시스템이다. 시스템은 AutoCAD가 지원하는 파일 형식으로된 입력 파일을 만족하며, 설계된 공정을 AutoCAD가 지원하는 파일 형식으로 출력할 수 있다. CAD/CAE/CAM 시스템을 구현하기 위해서는 설계된 공정으로부터 금형 형상의 정보를 얻고, 유한요소해석(CAE)을 통해 설계된 공정의 성형성을 면밀히 검토하고, 해석결과를 이용하여 공정을 수정하거나 CAD시스템의 지식 베이스를 보완하여 재설계 하도록 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 지식 베이스 시스템을 기반으로 축대칭 디프 드로잉 제품의 공정설계 시스템을 개발하였다. 도면형상을 자동인식하게 함으로써 사용자의 사용이 쉽고, 설계된 부품에 대해 시스템과의 연결을 자동화하였다. 디프 드로잉 공정설계에 성공적으로 적용된 G&TR기법을 사용하여 공정을 창생하였으며, 사용자 수정모듈을 구축함으로써 숙련된 공정설계 기술자의 경험이 디프 드로잉 공정설계 결과에 반영되도록 하여 개발된 시스템의 유연성(flexibility)을 높였다. 또한 CAD시스템으로 구현됨으로써 형상의 취급이 용이하고, 설계된 공정이 도면화 됨으로써 현장에서 바로 이용할 수 있고 CAD/CAE/CAM 시스템의 입력으로 사용될 수 있는 금형 형상을 쉽게 모델링 할 수 있다.

5. 참고문헌

- (1) H. Gloeckl, K. Lange, 1983, "Computer Aided Design of Blanks for Deep Drawn Irregular Shaped Components", 11th, NAMRC pp.243-252.
- (2) J. C. Gerdeen, 1984, "Development of a Computer program "AXIFORM" for the Analysis of Forming of Axisymmetric Sheet Metal Parts", 12th. NAMRC pp.209-213
- (3) G. Eshel, M. M. Barash and W. Johnson, 1986, "Automatic Generation of process Outlines of Forming and Machining Process", ONR Contract No.83K0385, Final Report, Vol.5, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- (4) 진인태, 1989, "퍼스널 컴퓨터에 의한 다이프 드로잉 공정설계 전산화에 관한 연구", 부산대학교, 박사학위 논문
- (5) S. K. Sitaraman, G. L. Kinzel and T. Altan, 1991, "A Knowledge-Based System for Process-Sequence Design in Axisymmetric Sheet-Metal Forming", J. Mater. Process. Technol., 25, pp.247-271
- (6) Zhu Jin, Wang Xuewen and Ruan Xueyu, 1993, "An Expert System for Process Planning of Deep-Drawing", Proc. 4th ICTP, Beijing, China, pp. 1875-1880.
- (7) M. Tisza, 1993, "Expert System for Sheet Metal Forming", Proc. 4th ICTP, Beijing, China, pp. 1667-1672.
- (8) 최재찬, 김병민, 김성원, 1994, "평면변형 H-형재의 열간단조 공정설계 및 금형설계", 한국정밀공학회지, 제 11권, 제 3호, pp.104-109.
- (9) 최재찬, 김병민, 이언호, 김성원, 김호관, 1994, "다단 냉간단조품의 자동공정설계 시스템", 한국정밀공학회지, 제 1권, 제 4호, pp.77-87.
- (10) Constantin Iliescu, 1990, "Cold-Pressing Technology", Elsevier, pp.257-399

Table.1 Definition and concept of NAME_list.

Entity Geometry	Conventional Name	Entity Type
—	horizontal	h1
	vertical	v1
/	tapered	t1

("Name" Shape, T, DO, DI, H, RL, RS)

Name : Entity name
 Shape : Entity type
 T : Thickness
 DO : Outer diameter of entity
 DI : Inner diameter of entity
 H : Height of entity
 RL : Not used
 RS : Fillet radius of entity

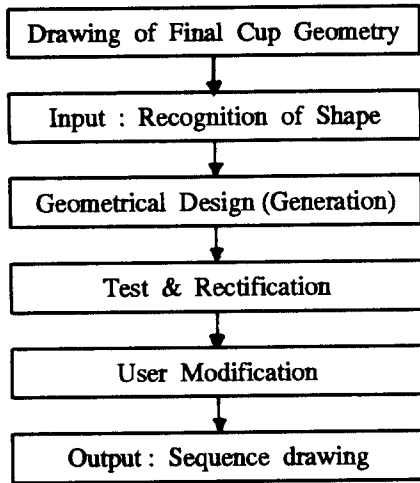
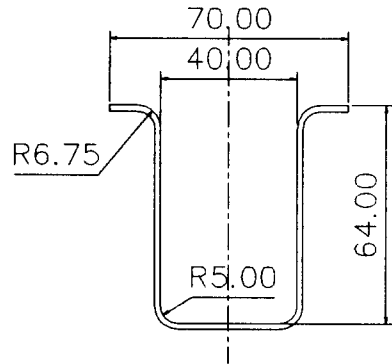


Fig.1 CAD system for process-sequence design in axisymmetric deep drawing.



```

    ("bottom" H1 1.75 30.0 0.0 0 0.0 0.0)
    ("wall1" V1 1.75 40.0 40.0 52.25 0.0 5.0)
    ("flange" H1 1.75 70.0 53.5 0.0 0.0 6.75))
  
```

Fig.2 Example of input drawing and NAME_list.

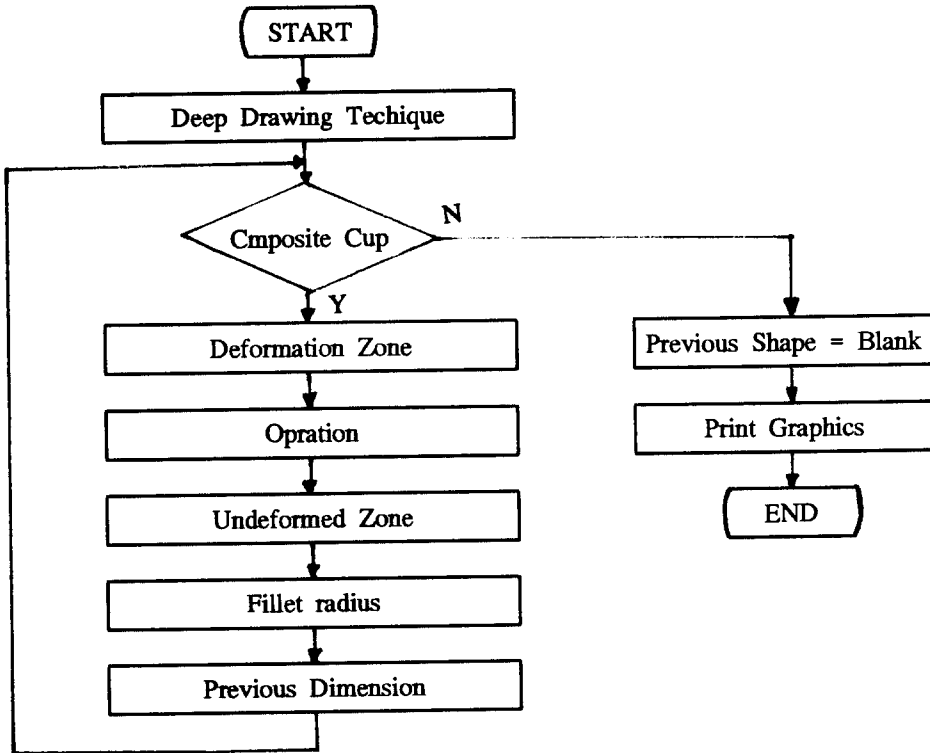


Fig.3 Basic structure of Geometrical design modules.

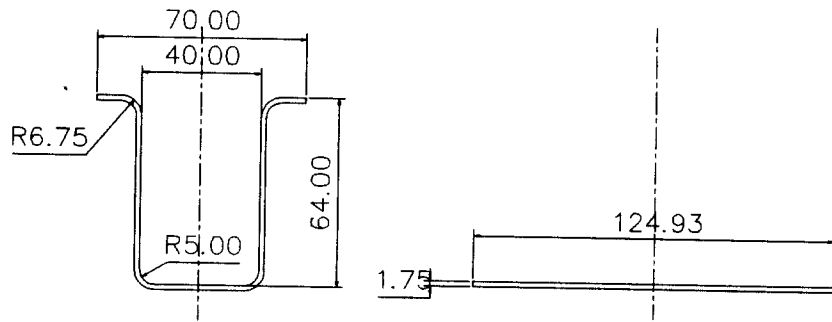


Fig.4 Result of geometrical design for the simple cup.

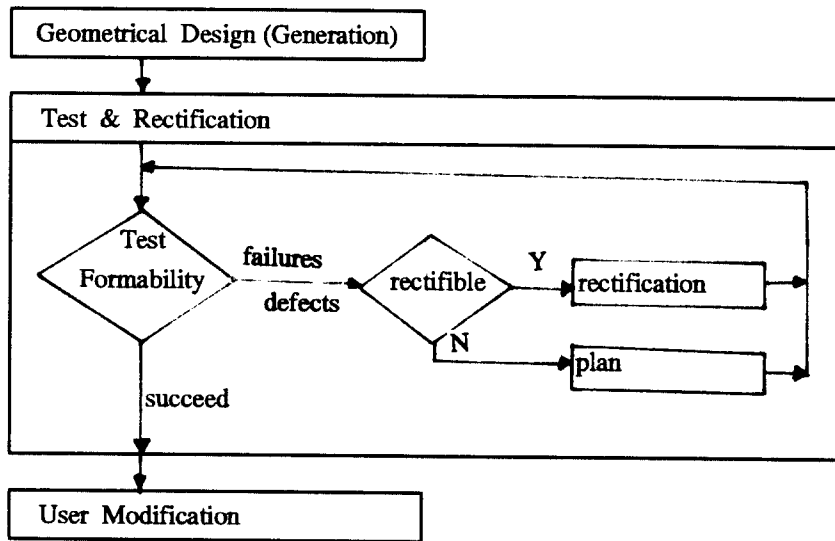


Fig.5 Basic structure of Test & Rectification modules.

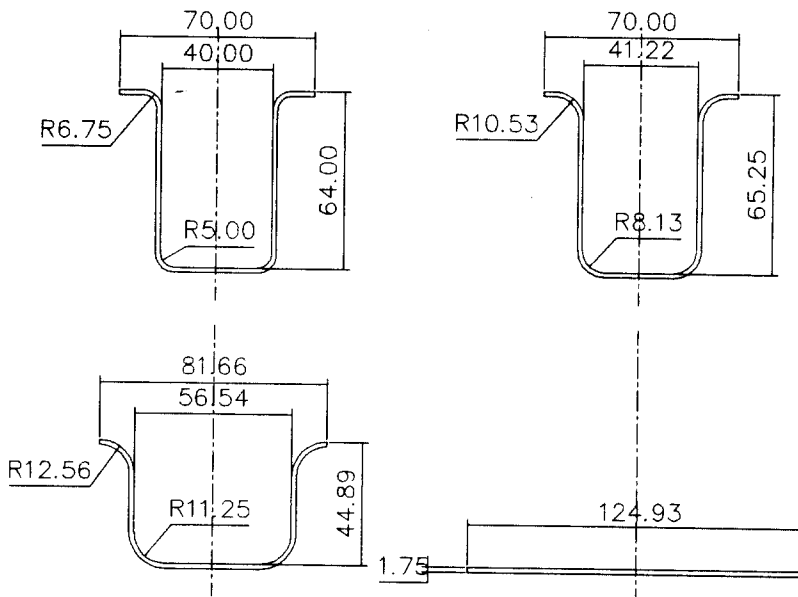


Fig.6 Sequence drawing for the simple cup.

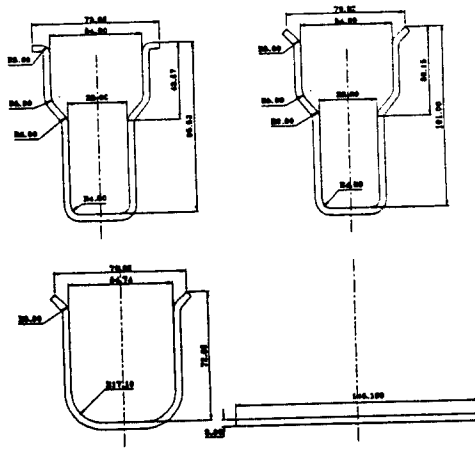


Fig.7 Result of geometrical design for the multisteps cup with taper.

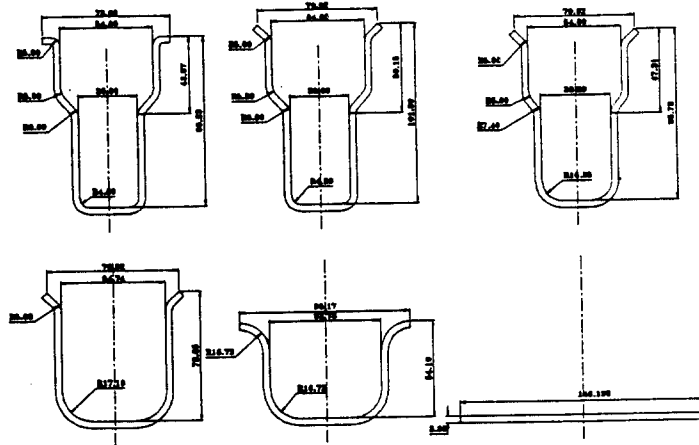


Fig.8 Sequence drawing for the multisteps cup with taper.

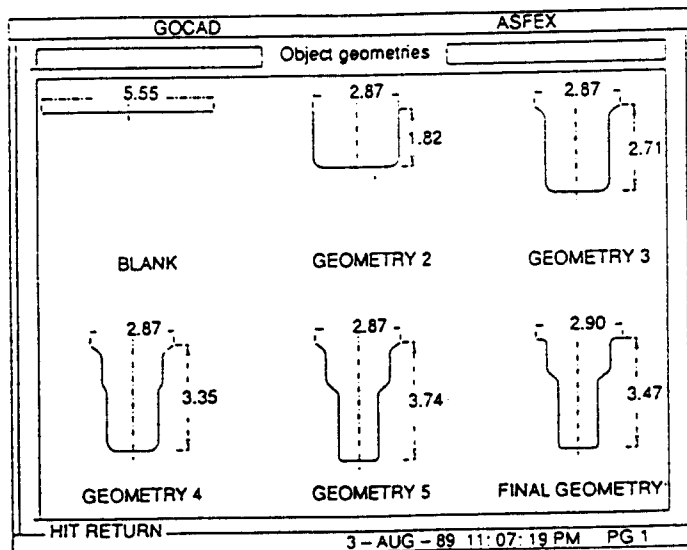


Fig.9 Result of knowledge based system⁵⁾ for the multisteps cup with taper.