

# 다단 비축대칭 부품의 단조 공정설계를 위한 단조품설계 자동화

조해용\*, 허종행\*\*, 민규식\*\*\*

## Development of Automated Forging Design System for Forging Process Design of Stepped Asymmetric Parts

Hae-Yong Cho\*, Jong-Hang Hur\*\* and Gyu-Sik Min\*\*\*

### ABSTRACT

This study describes computer-aided design system for stepped asymmetric forgings. To establish the appropriate process sequence, an integrated approach based on a rule-base system was accomplished. This system has four modules, which are undercut prevention module, shape cognition module, 3D modelling module and corner/fillet correction module. These modules can be used independently or at all. The proposed shape cognition method could be widely used in forging design of asymmetric parts.

**Key Words** : Stepped asymmetric part (다단비축대칭 부품), Process planning (공정설계), Cold forgings (냉간 단조품)

### 1. 서론

단조란 상온에서 간단한 형상의 소재에 압축력을 가하여 보다 복잡한 형상의 제품을 만드는 소성가공법으로 절삭가공에 비하여 소재의 손실과 비용을 줄일 수 있고 기계적 성질이 좋은 제품을 얻을 수 있으며 정확한 치수와 양호한 가공 표면을 갖는 제품을 대량으로 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다. 단조 제품은 일상 생활에서 흔히 사용하는 용품에서부터 자동차나 항공기와 같이 고정밀도를 요하는 부품까지 그 사용 범위는 매우 넓다. 단조는 충실한 제품을 얻기 위해 여러 단계의 예비 성형공정이 필요하며 구조, 재질, 강도, 정밀도 및 변형 등을 고려하여 최적의 공정순서를 선택하는 것을 공

정설계라고 한다. 이러한 공정설계시 최종부품에 대한 정확한 형상인식을 통한 단조품 설계가 선행되어야 한다. 부품의 형상을 컴퓨터로 인식하는 방법은 크게 2가지가 있다. 첫 번째는 형상의 유사도에 의한 분류이다. Gokler 등<sup>1)</sup>은 형상을 4가지의 기본 체적요소의 결합에 의해 축대칭 형상을 나타내었고, Hartley 등<sup>2)</sup>은 Gokler 등이 제안한 기본 체적요소를 사용하여 두 형상의 유사도를 0 ~ 1의 값으로 분류하여 축대칭 형상을 나타내었다. 두 번째는 부품 구성부의 특징을 리스트로 기술하는 방법이다. Osakada 등<sup>3)</sup>은 기본형상의 리스트로 제품형상에 대한 데이터를 인식하는 제품모델을 사용하였다. 국내에서는 Choi 등<sup>4,5)</sup>이 경험이 없는 설계자라도 대화식으로 설계할 수 있는 시스템을 개

\* 충북대학교 기계공학부, 정회원

\*\* 충북대학교 일반대학원 기계공학과

\*\*\* 마산대학 자동차과

날하였는데 이 시스템은 형상표현의 한계로 인하여 설계대상이 제한되어 있으며 Kim<sup>6)</sup>은 축대칭 부품의 냉간 단조에 대해 단조품 설계가 가능한 시스템을 개발하였는데 복잡한 부품의 형상표현을 위해서는 상용 CAD시스템과 연결이 선행되어야 하는 단점을 가지고 있다. Lee<sup>7)</sup>는 다만 축대칭부품에 관하여 기본형상을 정의하여 부품의 형상을 2차원 형상으로 표현하였다. 지금까지 개발된 시스템들의 형상인식은 형상의 유사도나 기본형상에 의해 제품의 형상을 인식하도록 개발되어 왔다. 이러한 시스템들은 지정된 형상이 아니면 제품에 대한 정확한 형상인식이 어렵고, 그로 인하여 정확한 단조품 설계 및 공정 추론을 할 수 없기 때문에 실제 현장에서의 적용성이 떨어지며 특정 부품에만 적용되는 한정성을 가지고 있으므로 범용성과 유연성을 갖는 시스템을 구축하기에는 많은 문제점을 가지고 있었다.

따라서 본 연구에서는 시스템의 적용성을 높이기 위해 축대칭은 물론 비축대칭 형상을 갖는 부품에 대한 정확한 형상인식이 가능하며 비특정 부품에 대해서도 적용이 가능한 단조품 설계 시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 시스템의 구성 및 적용

### 2.1 부품의 형상인식 방법

단조품을 설계하기 위해서는 부품에 대한 형상인식이 선행되어야 한다. 기존의 방식들은 부품단면을 형상의 유사도에 의해 분류하거나 기본형상을 정의하여 제품형상 데이터를 패턴 인식하는 방법을 사용하였다. 하지만, 이러한 방법은 비축대칭 형상을 갖는 부품에 대해서는 적용이 곤란하며 축대칭 형상이라도 기존의 정의된 기본형상에서 벗어나는 경우와 기본형상간의 필렛/코너반경이 주어지는 경우에는 정확한 체적을 계산할 수 없는 문제점을 가지고 있었다. 이러한 점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 부품을 형상인식을 기존의 방식이 아닌 다음과 같은 형상인식 방법을 고안하였다. 입력되는 2차원 도면은 단면의 형상을 가진 평면도와 형상에 대한 높이를 가진 정면도로 구성되어 있다. AutoCAD상에서 구현되는 AutoLISP언어를 이용하여 입력된 도면으로부터 각각의 형상에 대한 높이를 추출하여 3차원 형상화함으로써 기본형상을 정의없이 부품의 형상인식이 가능하다. 또한, 축대칭

및 비축대칭부품에 대한 형상인식이 가능하며 입력되는 도면이 부품의 단면형상과 높이에 대한 정보만 가지고 있다면 형상인식이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

### 2.2 시스템의 구성 및 원리

본 시스템은 도면을 입력하면 단조 가능 여부를 판별하는 언더컷 방지 모듈, 초기도면의 형상인식 및 데이터베이스화를 통한 제품의 형상인식 모듈, 형상인식된 제품을 3차원 제품으로 형상화하는 3차원 형상화 모듈 및 인식된 부품에서 예리한 코너를 단조 가능하도록 형상을 변화시키는 코너/필렛 수정 모듈로 구성되어 있다. 각각의 모듈을 거쳐 입력된 도면은 단조 가능한 3차원 형상의 최종부품 형상 및 체적을 얻을 수 있도록 Fig. 1과 같은 구조로 이루어져 있다.

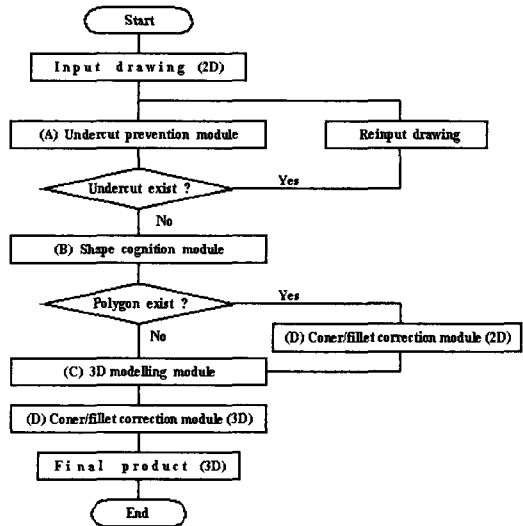


Fig. 1 Structure of the system for asymmetric shape product in cold forging

#### 2.2.1 언더컷 방지 모듈

Fig. 2와 같은 구조로 구성된 본 모듈에서는 입력된 도면으로부터 형상을 인식하여 인식된 부품이 단조 가능한지 여부를 판별한다. 부품에 관한 도면이 입력되면 이 도면을 원점으로 이동시키고 단면

의 반경값을 구한다. 비축대칭의 형상인 경우 언더컷 판별의 중요한 변수가 되는 최장 반경치인 유효 반경을 결정한다. 이는 비축대칭 형상 부분을 유효 반경을 갖는 축대칭 형상으로 인식시켜 언더컷 판별을 용이하게 해준다. 마지막으로 분할선을 결정하여 높이에 대한 반경치로써 언더컷 유무를 판별하며 입력된 도면에 언더컷 유무를 판별하여 단조 가능 여부를 출력하고 불가능한 경우 도면을 수정하라는 메시지를 출력한다.

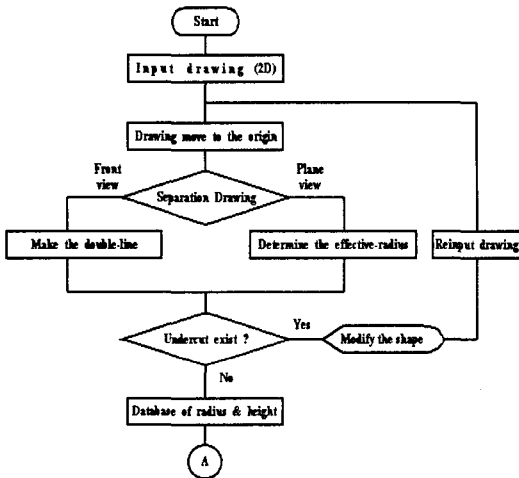


Fig. 2 Structure of undercut prevention module

### 2.2.2 형상인식 모듈과 3차원 형상화 모듈

제품의 형상을 인식하는 형상인식 모듈과 인식된 형상을 3차원으로 형상화 시키는 3차원 형상화 모듈은 Fig. 3과 같은 구조로 구성된다. 좌표 변환된 도면에서 단면의 형상을 원, 원추, 다각형의 3가지 요소로 구분하여 인식하고 구분된 요소별로 정면도에서 위치 및 높이를 추출하여 부여함으로써 3차원의 부품으로 형상화한다. 특히, 다각형 요소의 형상인식의 경우 선(line)은 시작점과 끝점을 가지게 되며 다각형의 경우에는 선의 시작점이 다른 선의 끝점이 되므로 이를 이용하여 형상을 인식시키는 방법을 사용하였다.

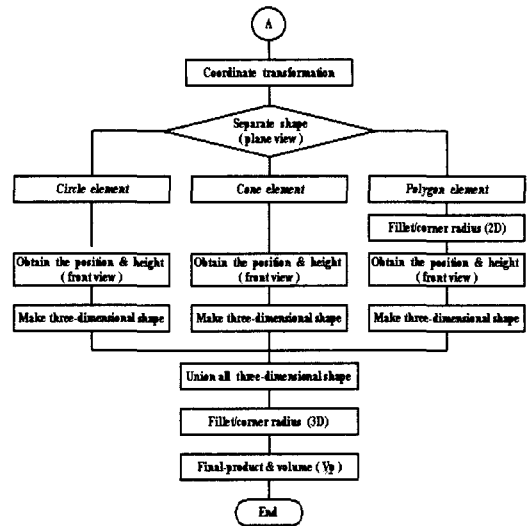


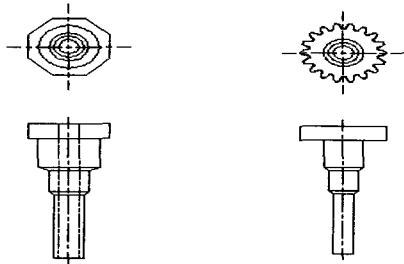
Fig. 3 Structure of shape cognition and 3D modelling module

### 2.2.3 코너/필렛 수정 모듈

인식된 부품에 필렛/코너반경을 부여함으로써 최종 단조품을 완성하는 것으로 다각형의 모서리부와 3차원 형상화된 부품에 대해 이 모듈을 적용하였다. 최종 부품에 예리한 모서리나 코너가 있는 경우 금형의 마모 및 크랙이 발생할 수 있으므로 이를 방지를 위해서 필렛/코너반경이 부여되어야 한다. 개발된 시스템에서는 다이얼로그박스를 이용하여 설계자가 필렛 및 코너반경 값을 입력하도록 하였다.

### 2.3 시스템의 범위 및 한계

본 연구에서 개발된 시스템은 부품형상이 중실인 경우와 비축대칭 형상이 다각형인 경우에 대해서만 적용이 가능하다. Fig. 4와 같은 중공부품이나 임의의 형상에 대해서는 적용이 불가능하다. 그러나 제안된 형상인식 방법은 사용하여 보완한다면 임의의 형상 및 중공부품에 관하여 적용 가능한 시스템을 구축할 수 있을 것이다.



(a) hollow shape (b) arbitrary shape

Fig. 4 Hollow and arbitrary shaped part

### 3. 결과 및 고찰

본 논문의 냉간 단조품 설계 시스템은 공정설계 및 금형 설계를 위한 예비 시스템으로 비축대칭 형상을 가지고 있는 부품을 단조 가능한 3차원 형상의 단조품으로 변환시키는 프로그램이다. 개발된 프로그램은 AutoLISP언어를 사용하여 설계자가 AutoCAD 명령어를 사용하여 쉽게 수정할 수 있다. 또한, 모든 입력은 Fig. 5와 같은 대화식 다이얼로그 박스로 구성하였기 때문에 냉간 단조에 관한 경험이 없는 초보자라도 쉽게 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 각각의 모듈에 대한 실행 결과는 다음과 같다.

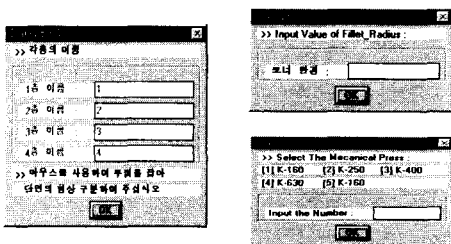
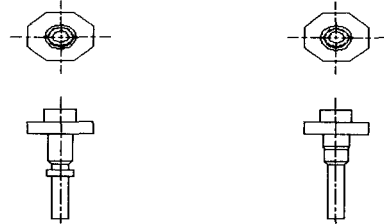


Fig. 5 Examples of dialog box used in this system

형상인식 모듈의 반복 수행을 방지하기 위해서는 먼저 부품의 단조 가능 여부를 판단하는 언더컷

방지 모듈을 적용할 필요가 있다. 이 모듈의 실행 결과를 알아보기 위해 Fig. 6의 (a)와 (b) 같은 단면 형상을 가진 두 도면을 입력하였다. 시스템 내에서는 입력된 도면에서 반경이 최대인 곳을 분할선으로 결정하고 분할선의 하단부의 외형을 구성하고 있는 각 요소들의 좌표를 구하고 리스트를 형성한다. 만들어진 리스트의 반경 방향의 좌표값을 높이 방향의 좌표에 따라 오름차순으로 정리한 후 높이 방향의 값에 따른 반경 방향의 값을 비교하여 부품에 언더컷의 존재 여부를 조사하여 출력한다. 단, 여기서 형상이 다각형인 경우에는 반경 방향의 값 대신에 유효반경 값을 사용하였다. 입력된 도면에서 (a)의 경우 언더컷이 발생하므로 수정하라는 메시지가 출력되며, (b)의 경우 단조가 가능하다는 메시지가 출력됨에 따라 입력된 부품에 대해 단조 가능 여부를 판별할 수 있었다.



(a) with undercut (b) without undercut

Fig. 6 Example drawing using in the undercut prevention module

앞의 모듈에서 단조가 가능하다고 판단된 경우 형상인식 모듈을 적용하기 위해서는 입력도면은 형상 높이에 대한 정보를 얻을 수 있는 정면도와 단면의 형상을 알 수 있는 평면도로 이루어져 있어야 한다. 입력된 도면은 시스템 상에서 정면도와 평면도를 분리하고 좌표변환 시킨다. 좌표 변환된 도면에서 각각의 단면형상에 대한 위치와 높이에 관한 정보를 얻어 부품을 3차원 형상화할 수 있다. 이 모듈의 적용 예로 Fig. 7과 같이 입력된 도면의 형상이 원형과 다각형으로 이루어진 복합형상에 대해서 부품에 대한 형상인식 모듈을 적용한 결과 잘

적용됨을 알 수 있다. 따라서 축대칭은 물론 비축대칭 형상을 가진 부품에 형상을 인식시키고 3차원 형상으로 표현할 수 있었다.

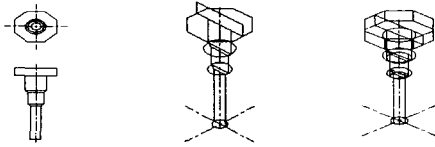
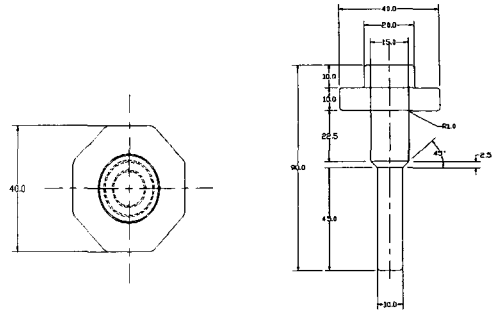


Fig. 7 Result of the shape cognition module for combined parts of polygon and circle

위에서 3차원 형상으로 인식된 부품을 바로 단조 한다면 다각형의 모서리나 전체 형상 중 예리한 부분에서 금형의 마모나 크랙이 발생할 수 있고, 부품을 완전한 형상으로 성형하기가 매우 어려우므로 그 부분에 필렛/코너반경을 부여하여 단조 가능한 부품으로 형상화하는 것을 코너/필렛 수정 모듈이라 한다. Fig. 8과 같은 치수의 단조품을 위의 언더컷 방지 모듈, 형상인식 모듈과 3차원 형상화 모듈, 마지막으로 코너/필렛 수정 모듈을 거쳐 Fig. 9와 같이 다각형이나 예리한 부분에 필렛이나 코너반경을 부여하여 단조 가능한 형상으로 인식시켰다. 여기서 얻어진 3차원 형상의 부품은 반경, 치수 및 형상에 대한 모든 정보는 AutoCAD의 명령을 이용하여 쉽게 알 수 있으며 금형을 설계할 때 방전 가공의 전극형상으로 쓰일 수 있다. 특히, 초기소재의 직경 및 높이를 결정하는데 꼭 필요한 부품의 체적을 정확하게 구할 수 있다. 기존의 방식은 비축대칭 형상이거나 모서리부에 주어지는 필렛/코너반경으로 인한 체적을 정확하게 계산해 낼 수 없었으나 본 시스템에서는 이런 문제점을 해결함으로써 비축대칭 형상을 가진 부품에 대해서도 체적일정 조건을 기본으로 공정의 가공법을 추천하는 방법을 적용시킬 수 있어 공정설계가 가능하도록 하였다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 단조공정 설계 자동화 시스템을



(a) Plane view (b) Front view

Fig. 8 Input drawing of the forging design system

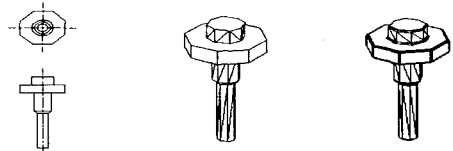


Fig. 9 Result of the corner/fillet correction module for parts with sharp edge

개발하기 위한 예비 단계로써 단조품 설계 자동화에 관한 시스템을 개발하였다. 이 시스템을 여러 형상에 적용시켜 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 범용프로그램인 AutoCAD 상에서 구현되는 AutoLISP언어를 사용하여 비축대칭 형상을 가진 단조품에 대한 설계 자동화 시스템을 개발하였다.
2. 입력된 부품의 도면에 대한 언더컷 유무를 조사함으로써 제품을 냉간 단조하여 생산할 수 있는지 없는지를 판단할 수 있었다.
3. 기존의 방식과 달리 기본형상의 정의 없이 도면에서 형상에 대한 정보를 얻어냄으로써 축대칭만 가능했던 부품의 형상인식을 비축대칭형상인

경우에도 적용시켰다.

4. 다각형의 모서리나 부품의 예리한 부품에 필렛/코너반경을 부여함으로써 단조 가능하도록 하였고 3차원으로 형상화시킴으로써 축대칭 및 비축대칭형상을 가지고 있는 부품에 대해서 정확한 제적을 얻을 수 있었다.

### 참고문헌

1. M. I. Gokler, T. A. Dean and W. A. Knight, "Computer-Aided Sequence Design for Piercing on Horizontal Forging Machines," Journal of Mechanical Working Technology, Vol. 8, pp. 13 - 26, 1983.
2. P. Hartley, C. E. N. Sturgess, T. Altan and G. W. Rowe, "Forging Die Design and Flow Simulation : Their Integration in Intelligent knowledge-Based Systems," Journal of Mechanical Working Technology, Vol. 15, pp. 1 - 13, 1987.
3. K. Osakada, T. Kado and G. B. Yang, "Application of AI-Technique to Process Planing of Cold Forging," Annals of the CRIP, Vol. 37, No. 1, pp. 239-242, 1988.
4. 최재찬, 김병민, 진인태, 김형섭 "퍼스널 컴퓨터에 의한 냉간 단조공정 및 금형설계의 자동화에 관한 연구(I)," 대한기계학회 논문집, 제12권 제4호, pp. 712-720, 1988.
5. 최재찬, 김병민, 진인태, 김형섭 "퍼스널 컴퓨터에 의한 냉간 단조공정 및 금형설계의 자동화에 관한 연구(II)," 대한기계학회 논문집, 제13권 제1호, pp. 190-198, 1989.
6. 김홍석, "축대칭 제품의 냉간 단조 공정설계용 전문가 시스템 개발," 한국과학기술원, 석사학위논문, 1994.
7. 이언호, "냉간단조 공정설계 및 금형설계의 자동화시스템에 관한 연구," 부산대학교, 박사학위논문, 1995.