

비축대칭 제품의 냉간단조 공정설계 시스템 개발

이봉규*(충북대 대학원), 조해용**(충북대 기계공학부), 권혁홍*** (대진대 기계설계공학과)

Development on the Automated Process Planning System for Cold Forging of Non-axisymmetric Parts

B. K. Lee*, H. Y. Cho**, H. H. Kwon***

ABSTRACT

An automated process planning system for cold forging of non-axisymmetric parts of comparatively simple shape was developed in this study. Programs for the system have been written with Visual LISP in the AutoCAD using a personal computer and are composed of four main modules such as input module, shape cognition and shape expression module, material diameter determination module and process planning module. The design rules and knowledges for th system are extracted from the plasticity theories, handbook, relevant reference and empirical knowledge of field experts. Generally, in forging, only front view is needed for expression of axisymmetric parts, but non-axisymmetric parts are needed both front view and plane. At the plane, this system cognizes the external shape of non-axisymmetric parts - number of sides of regular polygon and radius of a circle circumscribing the polygon of n sides. At the front view, the system perceives diameter of axisymmetric portions and height of primitive geometries such as polygon, cylinder, cone, concave, convex, etc.

Key Words : Cold Forging, Process Planning, Non-axisymmetric parts, Plane and front view, Visual LISP, AutoCAD, DCL, Primitive Geometries, Polygon

1. 서론

그 동안 냉간단조의 공정설계에 대한 연구 분야는 주로 축대칭 제품이 주를 이루었다. Lee⁽¹⁾는 축대칭 부품에 대하여 냉간단조 공정설계 및 금형설계의 자동화시스템을 AutoLISP 언어를 이용하여 개발하였고, Kim⁽²⁾은 PROLOG 언어를 이용하여 축대칭 제품의 냉간단조 공정설계용 전문가 시스템을 개발하였다. 비축대칭에 대한 연구는 형상표현의 어려움 등으로 인하여 그렇게 활발히 진행되고 있지는 않는 실정이다. 일반적으로 축대칭 형상은 정면도만 있어도 형상표현이 가능하지만, 비축대칭 형상은 정면도와 평면도가 필요하며, 평면도에서는 제품의 비축대칭 형상만을 인식하여 다각형의 개수, 각 다각형의 변의 개수, 다각형에 외접하는 원의 지름이 얼마인지를 알게되고, 정면도에서는 각 형상의 높이와 축대칭 형상의 지름을 인식하게 된다. 따라서 본 연구는 비축대칭 형상에 대한 냉간단조용 공정설계가 목

적이며, 복잡한 형상보다는 현재 현장에서 생산되고 있는 특수형상의 볼트 등 비교적 간단한 형상의 제품에 대한 냉간단조 공정설계 자동화 시스템을 구축하고자 한다.

2. 시스템의 구성 및 작동원리

본 연구에서는 AutoCAD 환경에서 수행되는 Visual LISP 언어와 대화상자 기능(DCL : Dialog Control Language)을 이용하여^(3,4) 비축대칭 형상의 공정설계 자동화시스템을 구축하였다. 시스템은 입력 모듈, 부품의 형상인식 및 형상표현 모듈, 소재직경 결정모듈, 공정설계 모듈로 구성되어 있다.

2.1 입력모듈

입력모듈은 Fig. 1과 같이 소재의 재질, 다이 및 다이인서트의 재질, 펀치의 재질, 마찰계수, 전단응력계수, 다이 형상 등을 사용자가 직접 선택하거나

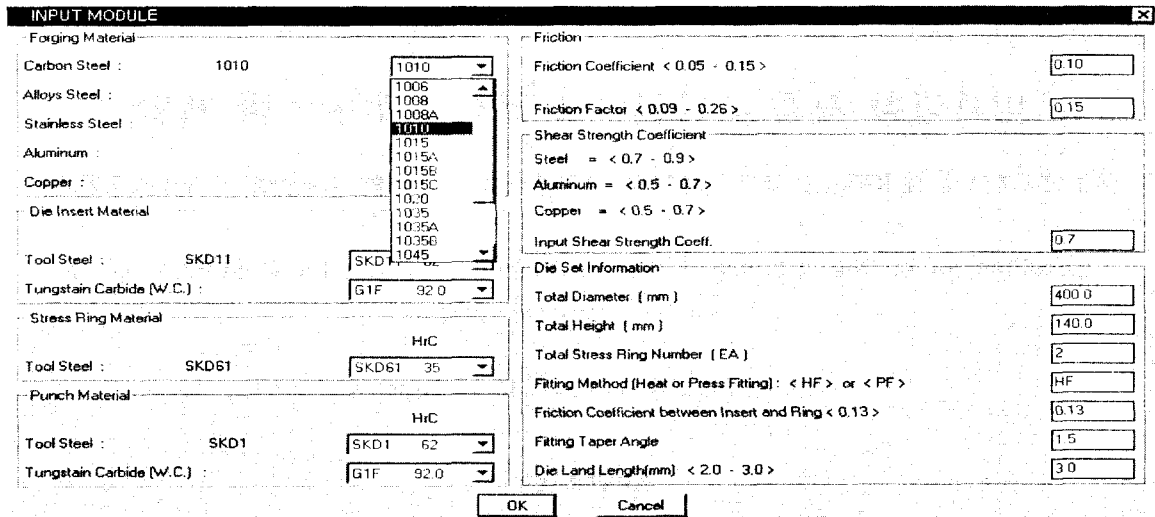


Fig. 1 DCL of input

입력하게 된다. 그림에서처럼 각각의 재질은 Pop-up_list에서 선택하게 되고 선택된 재질은 바로 Pop-up_list의 왼쪽에 표시가 된다.

2.2 형상인식 및 형상표현 모듈

2.2.1 Layer 분리

도면을 그릴 때에는 비축대칭 형상이기 때문에 평면도와 정면도를 그려서 제품의 형태를 나타낸다 (Fig.2). 그리고 정면도에서는 단면이 아닌 외형의 형상을 실선으로 나타내고, 내부의 보이지 않는 부분은 은선으로 표시하여 평면도에서 전체의 형상을 알 수 있도록 그린다. 그리고, Fig.3의 대화상자가 지시하는 것처럼, 마우스를 이용하여 평면도를 선택하여 평면도는 Layer1으로, 정면도는 Layer2로 Layer를 분리시킨다.

2.2.2 도면요소 표현

정면도의 형태는 실선부분과 은선부분으로 나누어져서 다음과 같은 도면요소의 리스트(list)의 집합체로 각각 표현된다.

· 직선 : ("L" Sp Ep) · 원호 : ("A" Sp Ep Cp)
 L은 Line을, A는 Arc를, Sp는 시작점(xs ys zs)을, Ep는 끝점(xe ye ze)을, Cp는 Arc의 중심점(xc yc zc)를 각각 나타낸다. 즉,
 bylayer_list = (("L" Sp1 Ep1)("L" Sp2 Ep2)("A" Sp3 Ep3 Cp3) · · ·)
 hidden_list = (("L" Sp1 Ep1)("L" Sp2 Ep2)("A" Sp3 Ep3 Cp3) · · ·)

2.2.3 형상인식⁽⁵⁾

평면도에서는 다각형 형상들을 인식하게 된다. 하나의 다각형은 점 좌표 (xi, yi)들로 구성되어 리스트로 표현되는데, n각형의 경우는 n개의 점으로 이루어진다. 다각형이 여러 개인 경우는 각각의 다각형 리스트를 묶어서 전체를 하나의 리스트로 만든다 (p_list). 또한 각각의 다각형에 대해 수평 중심선과 다각형이 만나는 양(+)의 x점과 다각형에 외접하는 원의 반경(r)을 구하여 (x, r)로 나타내고 전체를 묶어서 하나의 리스트(rl_list)로 만든다. 즉,

$$p_list = (((x11\ y11)(x21\ y21)(x31\ y31) \cdot \cdot \cdot) ((x12\ y12)(x22\ y22)(x32\ y32) \cdot \cdot \cdot)) \cdot \cdot \cdot$$

$$rl_list = ((x1\ r1) (x2\ r2) \cdot \cdot \cdot)$$

2.2.4 형상표현

형상표현은 기본형상으로 표현하게 된다. 기본형상(Shape)은 Cylinder(원통), Polygon(다각형 기둥), Cone(원추), Concave(오목원추), Convex(볼록원추), Pol_convex(다각형 기둥의 끝 부분을 fillet 처리한 경우), Pol_concave(다각형 기둥의 끝 부분이 다른 부분과 연결되어 있을 때 연결된 부분을 fillet 처리한 경우)등이다. 형상표현 리스트는 ("Shape" h d1 d2 rm)으로써 나타내어진다. 여기서,

Shape : 기본 형상, h : 기본 형상의 높이
 d1 : 형상의 아래 끝 부분의 지름(Polygon의 경우는 수평중심선과 다각형이 만나는 점의 +의 x값의 2배)
 d2 : 형상의 위 끝 부분의 지름 (Polygon의 경우는 다각형에 외접하는 원의 직경)
 rm : Concave, Convex, Pol_convex, Pol_concave의 반경(Polygon의 경우는 다각형의 면의 개수)

기본형상으로 표현하면 다음과 같다.

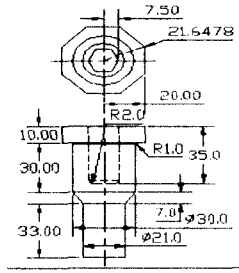


Fig. 2 Plane and front view of the product

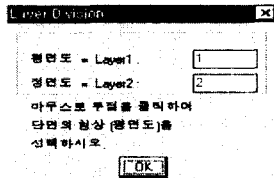


Fig. 3 Separation of layer between plane and front view

FU_list = (((("Cylinder" 33.0 21.0 21.0 0.0) ("Cone" 7.0 21.0 30.0 0.0) ("Cylinder" 18.6532 30.0 30.0 0.0) ("Concave" 1.0 30.0 32.0 1.0) ("Polygon" 10.0 40.0 43.2957 8)))

BE_list = (((("Pol_convex" 2.0 11.0 15.0 2.0) ("Polygon" 33.0 15.0 15.0 0.0)))

실선부분에서 전개되어 온 리스트인 FU_list는 전방 압출 및 업세팅 되는 부분이며, 은선 부분에서 전개되어 온 BE_list는 후방압출이나 can extrusion되는 부분을 나타낸다.

2.3 소재직경 결정모듈

이 모듈에서는 제품의 최소직경과 최대직경이 제시되고 사용자가 직경을 입력(Fig. 4)하게 되는데, 성형조건을 검토하여 성형조건을 만족시키지 못하면 다시 소재 직경을 선택하도록 한다(Fig. 5).

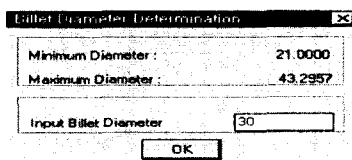
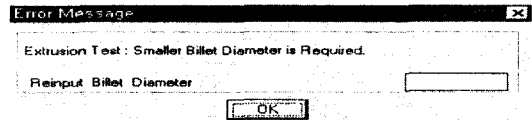


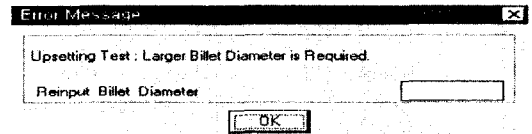
Fig. 4 Input of billet diameter

2.4 공정설계 모듈

공정설계 모듈은 공정순서를 결정하는 모듈로써, 기하학적 특성과 공정설계규칙^(1,6-8) 및 틈새를 고려하여 소재로부터 최종제품까지의 공정을 결정하여 도면을 생성시킨다.



(a) Reinput message of diameter as the result of applying extrusion regulations to the system



(b) Reinput message of diameter as the result of applying upsetting regulations to the system

Fig. 5 Error message for billet diameter inputted

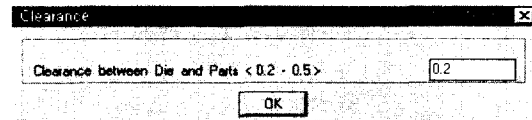
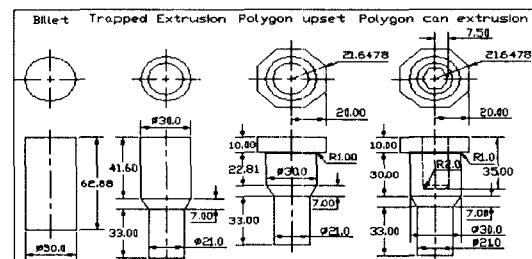


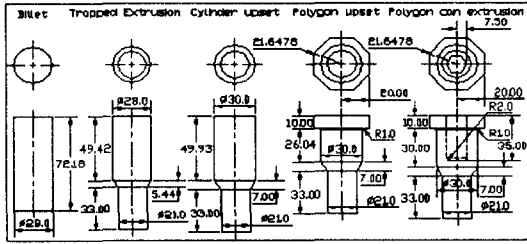
Fig. 6 Input of clearance between die and parts

3. 시스템의 적용 및 고찰

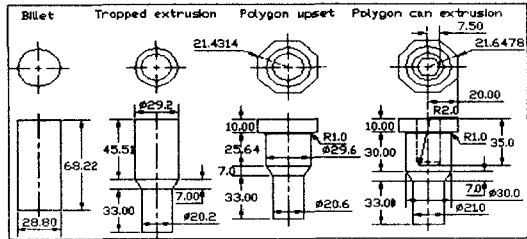
이 시스템에서 먼저 소재의 직경을 결정하게 되면 다이와 소재 사이의 틈새가 고려되지 않은 최적의 공정을 설계하게 된다(Fig.7). Fig. 7(a)는 소재의 직경을 30.0mm로 하였을 경우 최종제품이 성형되기까지는 3단계를 거치며, Fig. 7(b)는 소재의 직경을 28.0mm로 하였을 경우 4단계를 거쳐 최종제품이 성형되는 과정을 나타낸다. 그 다음에 Fig. 6과 같이 다이와 소재 사이의 틈새를 입력하게 되면 시스템은 이미 설계된 공정의 공정순서, 공정 수, 중간단계의 기하학적 형상과 작업방법을 기초로 하여 공정을 재설계하게 된다. 즉, Fig. 7의 틈새를 고려하지 않은 공정을 근거로 하여 공정수와 공정순서, 중간단계의 기하학적 형상, 작업방법 등은 그대로이지만 중간단계의 형상의 치수가 현장에서 적용 가능하도록 체계 일정 조건을 바탕으로 하여 변화하는 것이다. 따라서 Fig. 8(a)로 부터는 초기 소재의 직경을 30.0mm



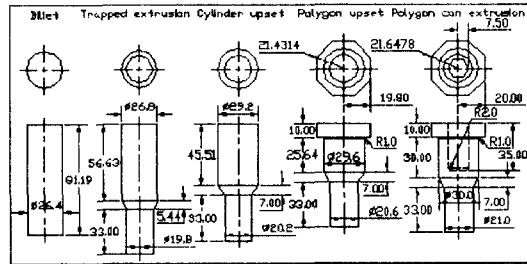
(a) billet diameter 30.0mm, material AISI 1006



(b) billet diameter 28.0mm, material AISI 1006
 Fig. 7 Examples of process planning without considering of clearance



(a) billet diameter 28.8mm, material AISI 1006
 Fig. 7 Examples of process planning considering of clearance



(b) billet diameter 26.4mm, material AISI 1006
 Fig. 7 Examples of process planning considering of clearance

로 하였을 경우의 공정과정을 기초로 하여 각각의 중간단계에 다이와 부품 사이의 틈새를 적용시킨 결과 바람직한 초기 소재의 직경은 28.8mm이며, 따라서 중간단계의 공정도 틈새에 따라 치수가 변화함을 알 수가 있다. 또한 Fig. 8(b)는 초기 소재의 직경을 28.0mm로 하였을 경우의 공정과정을 기초로 하여 각각의 중간단계에 틈새를 적용시킨 결과로써, 바람직한 초기 소재직경은 26.4mm이며, 중간단계의 공정에서도 치수가 변화함을 알 수가 있다. 여기에 적용시킨 다이와 부품사이의 틈새는 0.2mm이다. 결국 시스템은 각각의 중간단계의 공정에 틈새(clearance)를 적용시키고, 따라서 초기소재의 직경도 다시 결정하여 현장에서 쉽게 적용할 수 있는 최종적인 공정을 재설계하여 공정도를 Fig. 8(a), (b)와 같이 자동적으로 창출하게 되는 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 비축대칭 제품에 대한 냉간단조 공정설계 시스템을 개발하였으며, 연구의 결과로써 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 비축대칭 제품의 냉간단조 공정설계에 있어서 제품을 평면도와 정면도로 표현한 후 레이어를 분리함으로써 적절하게 형상을 표현할 수 있음을 알 수 있었다.
- 2) 도면상의 실선과 은선을 분리하여 각각을 기본형상으로 표현하여 실선은 전방압출·업세팅으로, 은선은 후방압출되는 부분으로 인식함으로써 프로그래밍이 간단·명료해짐을 알 수 있었다.
- 3) 다각형기둥의 압출 및 업세팅시 고려되는 지름은 먼저 다각형의 면적을 계산하고 이를 원의 면적이라 가정하여 구한 원의 지름으로써, 소재 직경보다 작으면 다각형기둥 전방 압출(Polygon extrusion)이 되고, 소재 직경보다 크면 다각형기둥 업세팅(Polygon upsetting)이 된다.
- 4) 먼저 초기소재의 직경을 결정한 후, 구축된 지식 베이스를 이용하여 다이와 부품간의 틈새이나 공차 량이 고려되지 않은 결함이 없는 공정을 설계하고, 이를 기초로 하여 다시 다이와 부품사이의 틈새를 고려하여 공정을 재설계하여 공정도면을 창출함으로써, 비축대칭 형상에 대해서 현장에서 적용 가능한 냉간단조 공정설계가 이루어졌다.

참고문헌

1. 이연호, "냉간단조 공정설계 및 금형설계의 자동화시스템에 관한 연구," 부산대학교 박사학위논문, 1995.
2. 김홍석, "축대칭형 제품의 냉간 단조 공정 설계용 전문가 시스템 개발," 한국과학기술원 석사학위논문, 1994.
3. 김찬우, "Visual LISP for AutoCAD 2000," 크라운출판사, 2000.
4. 구분훈, "AutoCAD에서의 DCL 활용," 성안당, 1995.
5. 허중행, "비축대칭 형상품의 냉간단조를 위한 설계자동화시스템 개발에 관한 연구," 충북대학교 석사학위논문, 1999.
6. Lange, K., "Handbook of Metal Forming," McGraw Hill, New York, 1985.
7. M.P.Groover and E.W.Zimmers, "CAD/CAM Computer-Aided Design and Manufacturing," Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, 1984.
8. Bariani, P. and Knight, W.A., "Computer Aided Cold Forging Process Design : A Knowledge-Based System Approach for Forming Sequence Generation," Ann. CIRP, 37, pp. 243~246, 1988.