

볼스터드 공정설계 전문가시스템 개발에 관한 연구

송중호, 김홍석, 임용택*, 강중훈, 서성렬, 정순철, 김주현**

*한국과학기술원 기계공학과, **센트랄(주)

Development of Expert System for Process Design of Ball Stud

J. H. Song, H. S. Kim, Y. T. Im*,

J. H. Kang, S. Y. Seo, S. C. Joung, J. H. Kim**

*Department of Mechanical Engineering, KAIST, **Central (Co.)

Abstract

With the development of computers, CAD(Computer-Aided-Design)/CAM(Computer-Aided-Manufacturing) has been increasingly applied to manufacturing processes to increase productivity, and recently studies of expert systems, a field of AI(Artificial Intelligence), are being carried out to assist process designs. In this study, an expert system for the process design of ball stud was developed. The adequacy of the developed system was examined through comparisons with actual blueprints and verification by experts. The designed process data was saved in dxf file format for transfer to AutoCAD, from which prototype process blueprints were obtained.

Key Words : Ball Stud, Expert System, AutoCAD

1. 서론

볼스터드란 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 구형의 머리형상을 가진 볼트로서 기계요소들을 접합시키는 볼조인트의 부품으로 사용된다. 볼스터드는 자동차의 조향장치와 현가장치 및 거의 모든 기계제품에서 기초부품으로 광범위하게 사용되고 있으나 공정설계 방식은 설계자의 경험 및 시행착오에 크게 의존하고 있어 시간과 비용의 소모가 크다.

따라서 본 연구에서는 설계자와의 면담 및 기존 설계도면의 고찰을 통하여 볼스터드 공정설계 전문가시스템을 개발하였다. 냉간단조 공정설계 분야에서는 1980년대 중반부터 전문가시스템의 적용이 활발하게 이루어지고 있다⁽¹⁻⁵⁾. 그러나 인간의 직관적인 사고 모사의 어려움과 생산 현장마다 보유하고 있는 장비의 상이성으로 인하여 일반적인 냉간단조 공정설계용으로 개발되어 온 시스템을 현장에 성공적으로 적용한 사례의 보고는 드물다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 설계대상의 한정화를 통한 전문성의 증대나 유한요소해석과의 연계⁽⁶⁾, 그리고 탐색을 이용한 보다 정교한 추론알고리즘 개발⁽⁷⁾의 노력이 계속되어오고 있다. 본 연구에서는 설계대상을 볼스터드로 한정하여 규칙베이스 및 데이터베이스의 구축 시 전문성을 증가시켰는데 이를 위하여 특정업체의 생산설비를 생산조건으로 고려하였다. 또한 AutoCAD와 호환가능한 공정도면 파일의 생성 및 사용자 인터페이스 강화를 통하여 설계시 효율을 증대시킬수 있도록 시스템을 구축하였다.

2. 볼스터드 공정설계

본 연구에서는 기존 설계도면에 대한 고찰을 통하여 볼스터드 성형공정의 군분류(Grouping)를 수행하였으며, 분류된 성형공정들의 상호 유사성으로부터 Fig. 2에 나타낸 바와 같은 공정표준을 제시하였다. 제시된 공정표준은 그림에서와 같이 소재절단(Shearing), 라운딩(Rounding), 전방압출(Forward Extrusion), 예비업셋팅(Preform Upsetting), 업셋팅(Upsetting), 테이핑(Taping) 공정으로 구성되어 있다. 라운딩은 전방압출공정에 들어가기 전에 소재의 하단에 구배를 주는 예비성형공정으로 전방압출시 소재에 작용되는 상당한 압축력과 변형을 감소시켜 기계의 압축력을 분산시키므로써 금형의 마모와 손상을 줄여 주는 역할을 한다. 또한 초기 소재의 직립도를 향상시켜 형상결합의 위험성을 감소시켜 준다. 전방압출은 금형을 통하여 소재의 직경을 줄이는 성형방법으로 일반적인 냉간단조 전방압출 규칙을 사용하였다. 전방압출에 의한 요소의 성형횟수는 변형 전후의 면적비인 압출비에 의해 결정되는데 볼스터드의 경우 무리한 압출비를 피하여 대부분 1회 성형으로 요소를 만들어 내고 있다. 업셋팅은 소재의 직경을 늘이는 성형방법으로 볼스터드의 경우 업셋팅 공정을 통하여 구형의 머리부를 형성한다. 소재의 직경과 비구속지지부의 길이의 비인 업셋비에 의해 성형 횟수가 결정되는데 머리부 성형시에는 과도한 업셋비에 의한 소재의 좌굴등을 피하기 위해 예비성형체를 만든 후 성형을 하고 있다. Fig. 3과 같이 크게 3가지 형태의 예비성형체로 분리하여 업셋비에 따라 예비성형체의 형상이 결정되도록 하였다. 테이퍼가공은 제품의 테이퍼부를 성형하는 공정으로 설계자의 설계 의도 및 테이퍼부의 유무에 따라 성형방법이 결정된다. 제안된 표준공정 유형은 머리부의 형성후 최종작업으로 테이퍼부를 성형하도록 있지만 기계에 무리한 하중이 가해지지 않을 경우 공정수를 줄이는 방법으로 머리부나 예비성형체부와 동시에 성형되기도 한다.

3. 볼스터드 전문가 시스템 구축

개발된 시스템의 작동 알고리즘은 Fig. 4에 나타낸 바와 같다. 그림에서와 같이 시스템의 입력은 최종제품 형상과 소재의 종류, 초기소재의 직경으로 구성되며 초기소재 형상과 최종제품 형상의 비교를 통하여 적용될 공정의 유형이 결정된다. 적용 공정의 결정이 끝나면 소재의 비압축성에 의하여 중간성형품의 형상이 결정되는데 결정된 성형공정의 총성형하중과 성형단계수가 설정된 포머의 사양을 초과하게 되면 초기소재의 지름 변화에 따른 재설계가 수행된다. 이러한 과정을 통하여 설계된 공정이 포머의 사양을 만족하게 되면 시스템 자체내에서 설계 결과를 확인할 수 있고, 또한 상용 CAD 시스템인 AutoCAD 형식의 도면화일을 생성시킬 수 있다. 본 연구에서의 시스템 개발은 Window 95 환경하의 PC에서 Visual C++ 언어를 사용하여 수행되었다. Visual C++ 언어는 사용자 인터페이스를 강화한 프로그램으로 C언어의 뛰어난 계산능력과 객체지향 특성으로 지식 및 규칙사용의 용이성을 가지고 있을 뿐 아니라 데이터베이스 시스템과 연계가 편리하며 다른 언어에 비하여 한차원 발전된 윈도우 설계도구와 뛰어난 그래픽을 제공하고 있다.

4. 설계결과 및 고찰

개발된 시스템의 설계 예를 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 초기소재의 직경은 16.5 mm 이며 최종제품은 라운딩과 2번의 압출 및 업셋팅을 통해 총 6번의 성형으로 만들어짐을 알 수 있다. 이때 고려된 포머는 5단의 한계성형공정수와 350 ton 의 정격하중을 가지고 있으며, 따라서 Fig. 5에 나타낸 공정의 단수는 기계의 성형가능한 총 공정수보다 많으므로 재설계가 이루어 진다. 이때 재설

제된 공정을 Fig. 6에 나타내었는데 예비성형체과 테이퍼부를 동시에 성형하여 공정수를 줄였음을 알수 있었다. 또한 Fig. 7에 나타낸 성형하중을 고찰하여보면 총성형하중이 205.57 ton으로 포머의 정격하중을 초과하지 않으므로 고려된 포머에서 성형이 원활히 수행될 것으로 예측되었다. 공정의 설계가 완료되면 Fig. 8에 나타낸 바와 같이 AutoCAD의 도면파일을 이용하여 성형공정도면을 작성할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 설계자와의 면담 및 기존 설계도면의 고찰을 통하여 볼스터드 공정설계 전문가시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 최종제품형상과 소재의 종류, 그리고 초기소재 지름을 입력하면 볼스터드의 성형공정을 자동으로 설계하게 된다. 또한 포머의 사양을 고려하여 설계된 공정의 적합성을 판정하게 된다. 이러한 연구를 통하여 볼스터드 성형공정 설계작업의 체계화 및 전산화를 이룰 수 있었다.

6. 참고문헌

- [1] M. I. Gokler, T. A. Dean and W. A. Knight, 1983, "Computer-aided sequence design for piercing on horizontal forging machines," J. Mech. Working Technol., Vol. 8, pp.13-26.
- [2] T. P. Davison and W. A. Knight, 1984, "Computer aided process design for cold forging operations," Advanced Technology of Plasticity, Vol. 1, pp. 551-556.
- [3] A. A. Badawy, P. S. Raghupathi, D. J. Kuhlmann and T. Altan, 1985, "Computer-aided design of multistage forging operations for round parts," J. Mech. Working Technol., Vol. 11, pp. 259-274.
- [4] K. Osakada, T. Kado and G. B. Yang, 1988, "Application of AI-Technique to Process Planning of Cold Forging," Ann. CIRP, Vol. 37, pp. 239-242.
- [5] P. Bariani, G. Berti, L. D'angelo, M. Marengo and A. Rossi, 1990, "An Integrated CAD/CAE System for Cold Forging Process Design," Advanced Technology of Plasticity, Vol. 1, pp. 7-12.
- [6] H. K. Kim and T. Altan, 1996, "Cold forging of steel-practical examples of computerized part and process design," J. Mater. Process. Technol., Vol. 59, pp. 122-131.
- [7] H. S. Kim and Y. T. Im, 1996, "Multi-Stage Cold Forging Process Design with A* Searching Algorithm," Trans. NAMRC, Vol. 24, pp. 161-166.

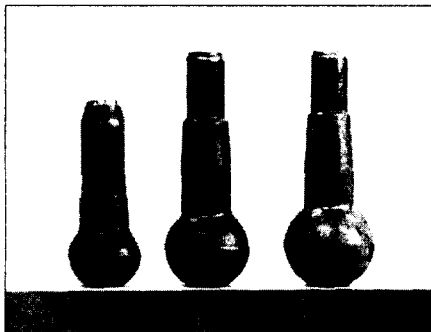


Fig. 1 Various types of ball stud.

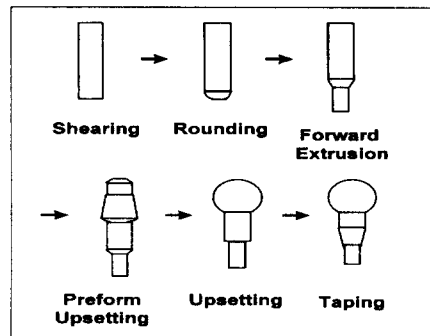


Fig. 2 Proposed standard process sequence of ball stud.




| | | | |
|-------|---|---|---|
| 업셋비 | ~2.5 | 2.5~2.8 | 2.8~ |
| 예비성형체 |  |  |  |

Fig. 3 Preform upsetting geometries used in developed system.

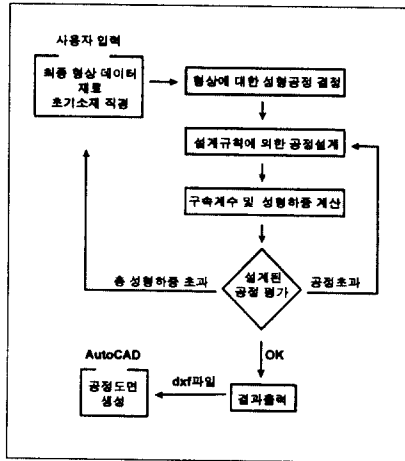


Fig. 4 Flow chart of developed expert system.



Fig. 5 Pre-designed sequence of ball stud(initial billet diameter = 16.5 mm).

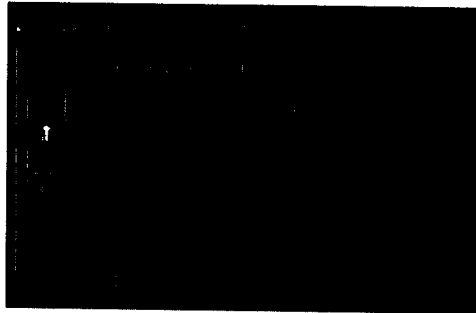


Fig. 6 Redesigned sequence by reducing number of process of Fig. 5.

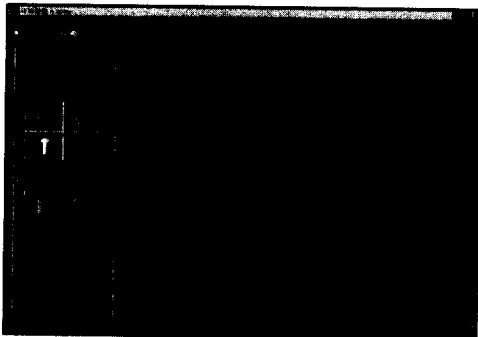


Fig. 7 Load graph of designed sequence.

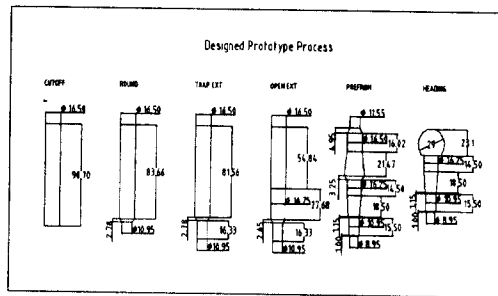


Fig. 8 Output CAD drawing.