

## 볼트류 제품에 관한 공정설계 및 금형설계 자동화 시스템

송성우\*, 최영, 정성윤(부산대 대학원 정밀기계공학과), 김철, 최재찬(부산대 기계공학부)

### An Automated Process Planning and Die design System for Bolt Products

S. W. Song, S. Y. Jung(Precision Mech. Eng. Dept., PNU Graduate school)

Y. Choi(Mechanical & Automotive Eng. Dept., Inje University)

Chul Kim, J. C. Choi (Mech. Eng. Dept., ERC/NSDM, PNU)

#### ABSTRACT

This paper describes a research work of developing a computer-aided design system of cold forging products. An approach to the system is based on the knowledge-based rules. Knowledge for the system is formulated from plasticity theories, experimental results and the empirical knowledge of field experts. The system has been written in AutoCAD with a personal computer and is composed of six modules, which are selection of billet material, input of final product, process planning design, preform modification, insert design, shrink rings design module. Based on knowledge-based rules, the system is designed by considering several factors such as volume constancy, limits of formability by material, preform shape and so on.

**Key Words :** Bolt (볼트), Cold forging (냉간단조), Die design (금형 설계), Former (포머), Knowledge-based rules (지식 베이스 규칙), Preform (예비 성형체), Process planning (공정 설계)

#### 1. 서론

오늘날의 생산시스템은 산업계가 직면하고 있는 생산의 다양화, 합리화, 효율화, 숙련 기능인의 부족, 노동 가치관의 변화 등에 대처하기 위해서 생산시스템의 자동화가 필연적인 과정이며<sup>1,2)</sup>, 이를 위해 컴퓨터 기술의 이용은 필연적이다. 기계공업 분야에서의 자동화 생산 시스템은 컴퓨터 지원에 의한 설계의 자동화(CAD), 제조의 자동화(CAM), 설계와 제조를 연결시키는 공정계획의 자동화(CAPP) 및 관리의 자동화(CAP)가 토털 시스템적 관점에서 최적화, 통합화가 된 컴퓨터 통합 시스템(CIMS)의 실현이다<sup>3,4)</sup>. 이를 위해 컴퓨터와 관련 정보처리 기기를 이용해서 적절한 공학설계를 자동적으로 하는 컴퓨터 지원설계 및 직접 또는 간접적인 컴퓨터와의 인터페이스를 통하여 제조 설비를 관리하고 통제하며 작동시키는 데 컴퓨터를 활용하는 컴퓨터 지원생산은 각각 독립적으로 많은 연구가 진행되어 왔으며 상당한 수준에서 실용화되고 있다.

냉간 단조 제품에 대한 공정설계와 금형설계가 대부분 숙련된 기술자의 경험과 직관적 판단 그리고 약간의 이론적 지식에 의해 수작업으로 수행되어 금형의 고정도화를 이루지 못하고, 금형제작에 필요한 설계, 가공, 조립에 많은 시간이 소요됨으로, 납기단축 등에 능동적으로 대처하지 못하여 급변하는 소비시장에 공급시기를 놓치는 등 문제점을 지니고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 숙련된 기술자의 경험, 관련 문헌, 소성역학 이론 등을 정식화시켰으며, 주르 행하여지던 축대칭 제품에서 벗어나 범위를 10개의 KS 표준 볼트류로 확대하여 공정설계의 자동화와 공정설계에 따른 금형설계의 자동화 시스템을 개발하였다.

#### 2. 시스템의 구성 및 작동원리

본 시스템은 소재입력 모듈, 최종 형상 입력모듈, 공정 설계 모듈, 예비성형체의 수정 모듈, 다이 인서



이렇게 결정되어진 보강링의 개수와 재질들을 이용하여 최적의 분할비등을 계산한다.

보강링의 설계가 끝나면 분할비, 직경, 간섭량, 반경 방향으로 다이 각 지점에서의 반경 및 접선 응력에 대해 화면상에 출력되어진다.

### 3. 시스템의 적용 및 고찰

개발된 시스템은 냉간 단조의 공정 설계, 예비 성형체의 수정, 인서트 사용자 설계, 보강링 설계의 각각의 모듈을 독립적으로 사용하여 주어진 작업을 수행한다.

본 연구에서는 Fig.2와 같은 제품을 개발된 설계 자동화 시스템에 적용시켜, 수행된 결과를 고찰하고자 한다. Fig.3에 창출된 공정설계도면이 수행되어지는 과정을 설명하면 다음과 같다.

① 입력되어진 최종 형상으로부터 포머에서의 마지막 공정 예비 성형체(이하, 4단계 형상이라 칭함)를 설계한다. 그림에서, 최종 형상과 마지막 공정 예비 성형체 치수 사이에는 공차량을 내부적으로 고려한 규칙에 따라 프로그램 되어져 있다. 가령, 최종 형상의 나사부(M22×2.5P)는 전조전 직경 중 최소 직경( $\phi$  20.23)을 가진 원통형으로 계산되어 4단계 형상으로 나타내어진다.

② 소재부를 이용한 사용자의 소재경 선택과 설계되어진 4단계 형상을 기초로 규칙에 따라 여러 공정변수가 계산되어진 후 공정 순서가 결정된다.

③ 제품의 체적은 형상을 머리부, 몸통부, 나사부의 조합으로 보고 각각에 대해 공정과 결합하여 고려하여야 한다. 그림에서 머리부는 4단계 트리밍 작업 이전의 형상, 즉 3단계의 머리부 형상을 기준으로 체적계산이 이뤄진다 나사부는 4단계 트리밍 작업시 비구속이므로 직경 및 길이의 변화가 없다고 보는 것이 보다 합당하다. 그러므로 나사부의 체적계산은 3단계의 압출 후 직경과 길이를 가지고 계산이 이뤄진다. 마지막으로, 몸통부의 체적계산은 보다 경험이 요구되는 상태로서, 현재 공정도에서 각 공정단계마다  $\phi 0.03$ 씩 클리어런스량이 주어지고 있을 때, 3단계가 비구속 압출이므로 몸통부의 직경은 2단계의 직경  $\phi 22.15$ 를 기준으로 이뤄져야 한다 몸통부의 체적계산 시 필요한 길이는 4단계 형상에 제시되어진 값을 이용하여 구할 수 있다 이렇게, 공정도와 체적계산에 필요한 요소들의 관계가 복잡한 것은 공정도가 단순히 각 공정의 성형체 정보뿐만 아니라, 다이 인서트 형상의 정보도 가지고 있기 때문이다.

④ 앞서 결정된 공정과 각 부분의 체적을 이용

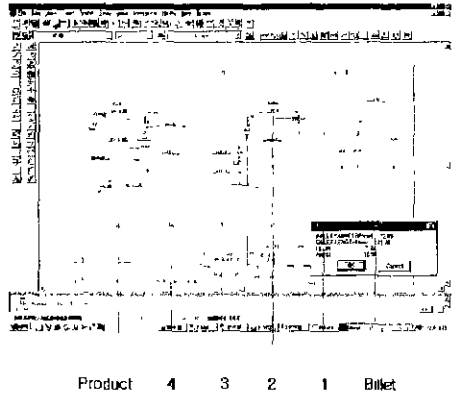


Fig. 3 The results carried out in process planning module

하여 각각의 공정이 설계된다

⑤ 공정설계가 완료되면 소재의 직경, 길이, ULDR(업세팅 길이 대 직경비), RA(단면감소율)가 사용자에게 제시되어진다. 여기서, 가공성 ULDR과 RA는 여러 가공 변수 중에서도 가장 일반적으로 가공성을 평가하여 주는 값들이다.

공정 설계된 예비 성형체의 수정 모듈은 사용자가 필요로 여길 경우에만 행한다. 본 모듈은 체적에 영향을 거의 미치지 않는 요소나 크기에 한해 이루어져야 한다. 이는 각 공정들이 복잡한 관계를 유지하므로 화면상의 드로잉만으로는 변수값에 영향을 끼칠 수 없게끔 시스템을 설정해놓은 까닭이다

Fig. 4는 인서트 설계 모듈의 예로서 Fig. 3의 3단계 비구속 전방압출 공정 예비 성형체에 대해 적용되었다. 인서트 설계 모듈은 사용자가 선택한 포머의 기본 레이아웃에 3단계 형상이 임혀져 보여진다.

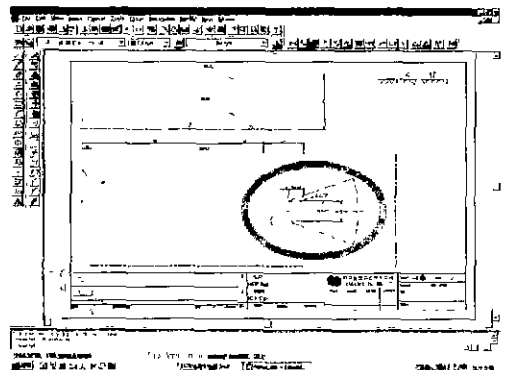


Fig. 4 The results carried out in die insert design module

사용자가 이를 토대로 인서트의 설계를 행한 것이 Fig. 4 아래에 나와있다.

Fig. 5는 Fig 4에서 이뤄진 인서트 설계 도면에 보강링 설계 모듈을 이용하여 보강링을 설계하기 위한 사용자의 대화창이다. 사용자는 공정을 선택하므로써 나타나는 그림 정보를 이용해 사용하고자 하는 다이의 보강링 개수 및 재질을 선택할 수 있다.

Fig 6은 보강링 설계가 이뤄진 도면에 대한 이론적 해석 결과를 나타내는 창이다. 인서트와 각각의 보강링 사이의 분할비, 분할 직경, 분할 직경에 따른 각 지점에서의 간섭량, 또한 작업시의 다이가 받는 내압들의 분포를 보여준다.

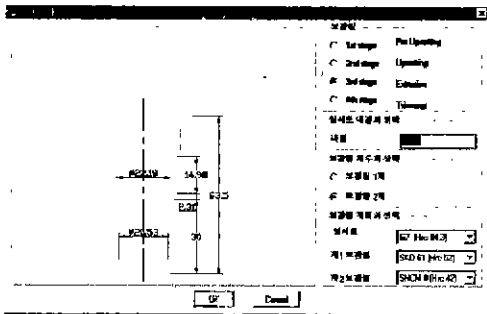


Fig. 5 Selection of the number and materials of die

RADIAl STRESS			
TANGENTIAL STRESS			
인서트 내경(R1)	22.18	인서트 내경의 분할율	-130.06
다이의 외경(R1)	120	인서트 내경의 분할율	0
분할비(R1)	0.186	인서트 외경의 분할율	-46.05
분할비(R2)	0.53	인서트 외경의 분할율	-44.61
분할비(R3)	0.61	제1보강링 내경의 분할율	-46.05
최적내압	130.06	제1보강링 내경의 분할율	58.95
제1보강링 내경(R1)	38.38	제1보강링 외경의 분할율	34.28
제2보강링 내경(R2)	73.86	제2보강링 내경의 분할율	7.17
D1에서의 간섭량	0.21	제2보강링 내경의 분할율	34.28
D2에서의 간섭량	0.64	제2보강링 외경의 분할율	75.72
		제2보강링 외경의 분할율	0
		제2보강링 외경의 분할율	41.45

Fig. 6 The results carried out in shrink rings design module

Fig. 7은 완성되어진 다이 도면으로서, 평면도애 그려진 붉은선과 푸른선은 다이 세트내에 작용하는 응력의 분포를 가지적으로 나타낸 것이다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 다양한 냉간단조 공정을 요하는 볼트류 10개에 대하여 공정설계와 금형설계 시스템을 개발하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다

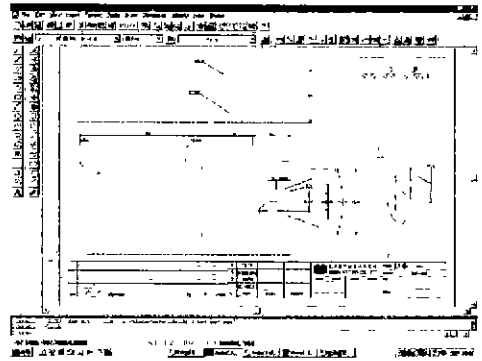


Fig 7 Die layout for the third process

1. 공정 및 금형설계가 표준화되어 공정설계와 금형설계의 시간이 단축되었다.
2. 시행착오 감소 및 미숙련자의 설계 가능에 의한 생산성 향상을 꾀할 수 있다.
3. 현장에서는 필요한 기술과 경험을 정량화하고 설계절차를 정식화시킴으로써 설계지침의 표준화를 이루었다.
4. 초보자의 교육에 쉽게 활용될 수 있다.
5. 공정중에 일어나는 소재의 변형량 및 가공정도를 수치적으로 파악하므로써 공정의 취약부를 쉽게 개발된 시스템의 장점은 다음과 같다

파악할 수 있고, 개선이 용이하다  
6. 기존의 경험적 보강링의 설계에서 이론적인 설계로 바뀜에 따라 설계 기준의 통일 및 금형 수명의 증가를 얻을 수 있다.

개발된 시스템은 AutoCAD환경에서 구현됨으로서 시스템의 결과를 다른 CAE 소프트웨어 및 CAM 가공용 소프트웨어와 원활한 연결을 할 수 있도록 하였다.

#### 참고문헌

- 1 Groover, M.P., Zimmer, E.W. Jr, CAD/CAM, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1984.
- 2 岩田日明 外 5人, 生産システム學, コロナ社 1982.
- 3 Groover, M.P., Automation, Production Systems and Computer Aided Manufacturing, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1980.
- 4 Chang, T.C., and Wysk, R.A., An Introduction to Automated Process Planning Systems, Prentice Hall, Inc 1985.