

# 민첩대응 금형설계 시스템 개발

박홍석\*(울산대 기계· 자동차공학부), 정진형\*\*(울산대 기계· 자동차공학부 대학원),  
이규봉\*\*\*(한국생산기술연구원)

## Development of agile design system for die

H. S. Park (School of Mech. And Auto. Eng. UOU),  
J. H. Jung (Graduated school of Mech. And Auto. Eng. UOU)  
G. B. Lee (KITECH)

### ABSTRACT

Increasing competition is due to internationalization in market. This result requires various products in a rapid development of product. Die design is one of bottleneck areas in product development. It takes 40% of total time for whole car development. Therefore a new method should be developed as a fundament on which the design process of die can be carried out effectively. This can be realized by using modular design based on standard template. In this paper a modular design concept will be discussed.

**Key Words:** Modular Design (모듈화 설계), Standard template(표준 템플릿), Feature based design(특징형상기반 설계)

### 1. 서론

최근의 자동차 산업은 다양한 소비자의 욕구와 글로벌화로 인한 국내· 외 시장에서의 경쟁 심화와 신기술 경쟁 가속화, 그리고 제품 수명주기 단축 등으로 대변되는 심각한 동적 환경변화로 인하여 제품 품질 향상, 제조원가 절감 및 제품 개발 기간 단축 등이 요구된다. 특히 전체 자동차 개발 기간의 40%를 차지하는 프레스 금형 개발 기간을 줄이는 것은 단순히 금형 개발 비용 절감 및 생산성 향상의 차원을 넘어 궁극적으로 신차개발 기간 단축과 같은 엄청난 파급효과를 가져오기 때문에 국내 자동차 산업의 국제 경쟁력 확보에 필수적으로 요구되는 기술 개발 과제라고 할 수 있다.

국내 자동차업체는 이를 위하여 금형 개발부분에 3D CAD S/W 를 도입하였고, 개발 프로세스 초기단계부터 관련부서가 모두 참여하는 협업환경을 조성하여 검토과정을 앞당김으로써 Try-out 반복회수를 상당히 줄일 수 있었다. 또한 CAE 활용에 의한 시제품제작 및 실험의 감소, NC 를 활용한 정확하고 신속한 가공의 실현 등 후 공정의 효율화도 진행하고 있다. 이처럼 전체적인 개발 프로세스는 3D 모

델 도입으로 T/O 검토과정을 상당부분 줄여 기간단축을 이루었지만, 설계부분만을 본다면 3D 모델작성을 설계자가 담당하여 업무부담이 증가하였고, 3D 설계 후 다시 가공을 위하여 2D 도면을 생성하는 작업이 여전히 필요하므로 설계기간 단축은 사실상 이루어지지 않았다. (Fig.1)

본 논문은 이러한 금형 개발기간의 Bottleneck 인 설계기간을 단축하기 위해서 구조부 플랫폼과 구조부 모듈로 구성된 표준 구조부 템플릿 기반 금형 설계 방법론을 개발하였다.

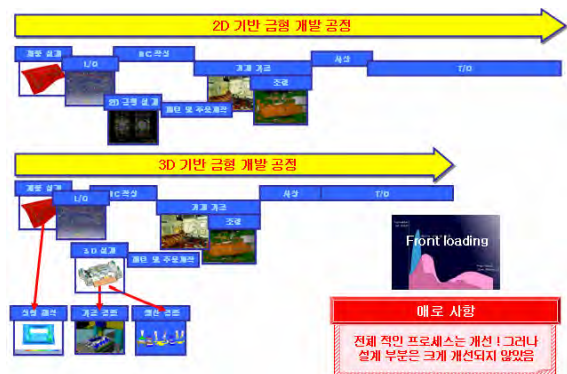


Fig. 1 Change of die development process

## 2. 표준 구조부 템플릿

### 2.1 표준 구조부 템플릿의 필요성

금형 품질향상과 더불어 리드타임을 단축하기 위해서는 효율적인 설계방법론을 찾는 것이 무엇보다도 중요하다. 효율적인 설계를 지향한다는 것은 무조건적인 최상의 설계를 한다는 것이 아니라 ‘주어진 시간 동안에 가장 합리적으로 할 수 있는 최상의 설계’라고 해석되어야 한다. 이처럼 제한된 시간 내에 최고의 제품을 설계하기 위해서는 품질향상에 직접 관련된 부분과 간접적으로 관련된 부분을 나누고, 상대적으로 큰 영향을 주는 부분에 설계자의 역할을 선택, 집중하는 것이 무엇보다도 중요하다.

전단 금형은 크게 실제 작업이 이루어지는 성형부 (Pierce, Cam, Steel, Pad)와 이를 뒷받침 해주는 구조부(Upper die, Lower die)로 이루어진다. 따라서 구조부 설계기간을 효과적으로 단축할 수 있는 방법론이 개발된다면, 좀더 많은 엔지니어링 시간을 성형부에 투자할 수 있게 되어 제품 품질향상, 설계비용절감, 설계 기간단축 등의 효과를 얻을 수 있게 된다.

이를 위한 해결 방안으로 템플릿 기반 설계가 제시되었지만 자동화를 강조하기 위하여 유연성은 상대적으로 고려되지 못한 경우가 많고, 설계변경에 대응하기 힘들 경우에는 템플릿 자체를 수정하거나 새로 모델링 작업을 해야 하는 등 설계기간 단축을 방해하는 불합리한 요소가 여전히 존재한다. 금형 설계는 진행 도중이나 설계가 완료된 후에도 끊임 없이 설계변경이 발생하므로 유연성이 없는 자동화는 무의미하다고 할 수 있다. 그리고 한번 자동화된 설계시스템을 구축 하게 되면 신제품이나 신기술을 적용하기 어렵게 되는 위험이 있으므로 자동화와 동시에 유연성을 확보하여 지속적으로 사용자가 시스템을 유지보수 할 수 있게 구축되는 것이 가장 중요하다.

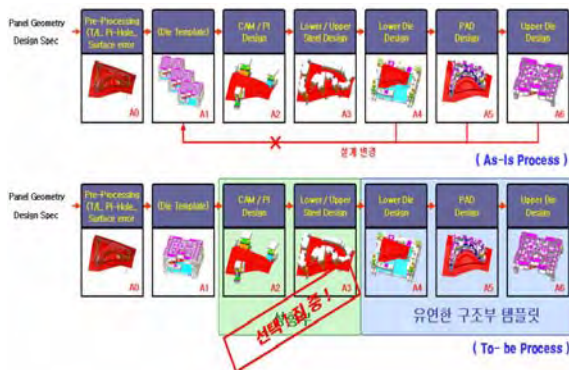


Fig.2 Necessary of Standard structure template

## 2.2 표준 구조부 템플릿의 정의

자동차 패널 제작을 위한 프레스 금형 중 전단공정의 경우 패널 종류와 라인 설비가 동일하다면, 구조에 있어서 많은 차이가 없다. 따라서 자동차의 Platform 처럼 기본적으로 동일한 부분을 30~40% 정도의 완성도를 가지는 구조부 플랫폼으로 만들고, 제품사양과 라인사양에 따라 변경되는 구조부 부분을 모듈로 교체 가능하게 하였다. 이와 같이 플랫폼은 서로 공유하면서 모듈들의 변화로 인하여 다양한 설계 변경에 민첩하게 대응 가능한 것을 표준 구조부 템플릿이라 명명하였다.

유연한 구조부 템플릿을 구현하는 가장 좋은 방법은 모듈화 개념을 도입하는 것이다. 하지만 기존의 모듈화 개념을 도입한 금형설계시스템의 경우 서브 어셈블리 레벨에서 모듈을 구성하는 방식을 채택하여 다자간 설계는 가능하게 하였지만 구조부의 유연성은 증가시킬 수 없었다. 구조부의 경우 Upper die, Lower die 와 같이 파트 레벨로 금형을 이루고 있기 때문에 파트를 이루는 feature 에서 해결방안을 찾아야 한다. 따라서 본 논문에서는 모듈화를 설계 특징형상까지 확대 적용하고자 하였다. (Fig. 3)

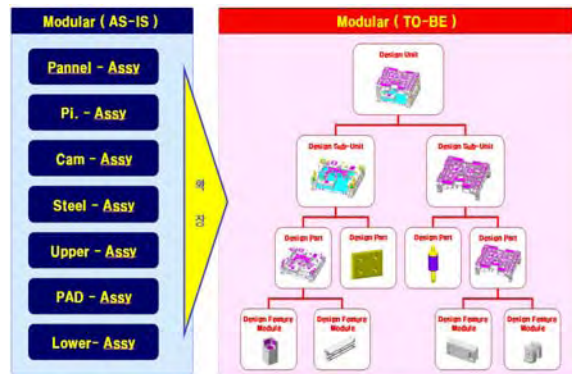


Fig. 3 Extension of modular

### 2.2.1 표준 구조부 플랫폼

본 논문에서는 표준 구조부 플랫폼을 추출하기 위하여 전단금형 구조부 모델들을 CATIA 의 시스템 정의 특징형상(Pad, Pocket, Hole, Shaft, Groove, Rib, Slot,...)으로 분류한 후 가장 합리적으로 설계특징형상(U-clamp, Heel, Pin Hook,...)을 만들 수 있는 조합을 CSG tree 를 이용하여 찾고, 최소한의 기능 단위로 분류하였다. 이러한 설계특징형상 중에서 전단금형에 공통적으로 사용되는 표준 구조부 플랫폼을 생성하기 위하여 ①지속적으로 사용 가능한 그

림, ②치수 수정이 필요한 그룹, ③치수 수정과 함께 형상 수정이 필요한 그룹, ④ 항상 새롭게 생성되어야 하는 그룹과 같이 4 가지 그룹으로 분류하였다. (Fig.4) 이 중에서 ②번과 ③번의 그룹들은 제품의 변화와 라인 특성에 따라 어느 정도 변화를 요구하지만 ②번의 경우 간단한 치수 수정만으로 대응이 가능하고, ③번의 경우 역시 기본적인 형상을 가지고 있는 것이 형상수정에 유리하다. 따라서 ①번에서 ③까지를 본 논문에서는 표준 구조부 플랫폼으로 생성하였고, 나머지 모듈들의 조합을 변화함으로써 다양한 금형구조에 대응하고자 한다.

Module 구현전략  
Functional feature level 관리  
= Functional Module 단위로 구현

|                               |   | To be used | To be changed | To be modified | To be developed |
|-------------------------------|---|------------|---------------|----------------|-----------------|
| MODULE (LOWER.DIE.BASE)       | ✓   |            | ✓             |                |                 |
| MODULE (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH) | BASE (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)                 | ✓          |               |                |                 |
|                               | UPPER (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)                | ✓          |               |                |                 |
|                               | STAMP1 (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)               |            |               |                | ✓               |
|                               | STAMP2 (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)               |            |               |                | ✓               |
|                               | STAMP3 (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)               |            |               |                | ✓               |
|                               | BACK.EDGE (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)            |            | ✓             |                |                 |
|                               | BACK.ID.CLAMP (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)        |            |               | ✓              |                 |
|                               | ADD.ID.CLAMP (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)         |            |               |                | ✓               |
|                               | SCRAM.EDGE-1 (FR) (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)    |            |               |                | ✓               |
|                               | SCRAM.EDGE-2 (FR) (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)    |            |               |                | ✓               |
|                               | SEAT.LAMP-3 (FR) (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH)     |            |               |                | ✓               |
|                               | SEAT.LAMP.STRIP (FR) (LOWER.DIE.MIDDLE.FRH) |            |               |                | ✓               |

Fig. 4 Analysis of Design Feature

## 2.2.2 표준 구조부 모듈

자동차 프레스 금형의 경우 크게 T/D Line 방식과 T/F Line 방식으로 나누어 지며, 본 논문에서는 중형차 T/D Line 의 표준 구조부 템플릿을 다루고자 한다. 우선 금형 구조부는 앞서 설명한 것과 같이 Upper die, Lower die 로 나누어 지며 Lower die 는 하형스틸 고정, 스크랩 배출, 볼스터에 금형 고정, 각종 표준부품 고정 등과 같은 기능적 요구를 만족하여야 한다.

본 논문에서는 구조부 모듈을 생성할 때 기능단위 모듈을 실현하기 위하여 기능적 요구를 계층별로 분류하고 상위 기능적 요구를 바탕으로 기능모듈을 생성하였다. 또한 구조적 모순이 없으면서 단순한 구조를 가질 수 있도록 하였으며, 독립적인 제어가 가능하도록 하여 모듈 자체도 어느 정도 수치변화와 형상변화가 가능하도록 구현하였고, 단일 모듈로 최대한 많은 설계를 수행하도록 구현하였다.

이와 같은 조건들을 바탕으로 Lower die 를 ① Base 모듈, ②Heel 모듈, ③Heel-Middle 모듈, ④ Lower-Middle 모듈로 나누었다. (Fig.5) ①Base 모듈의 경우는 하형스틸 안착을 위하여 그 크기만큼 치수변화가 이루어져야 한다는 기능적 요구를

가지고 있으며, ②Heel 모듈은 Base 표준부품인 Wearplate 와 Guidepost 의 안착, 상· 하형 금형의 가이드 역할이라는 기능적 요구를 가지고 있다. 따라서 이들 부품의 크기에 맞게 치수변화가 일어나야 하고 라인 사양이 변화하거나 간섭이 일어날 경우 Corner Heel 형태에서 Heel Box 형태로 변화하여야 한다. ③Heel-Middle 모듈의 경우는 제품 사양 중 스크랩커터라인이 4 방향인지 2 방향인지에 따라 급격한 형상변화가 필요하다. ④Lower-Middle 모듈은 캠의 개수와 스크랩 추출 형태에 따라 여러 가지 형태가 있을 수 있으므로 모듈화하고 모듈 라이브러리를 제작해 둬으로써 번거로운 수작업을 줄일 수 있다.

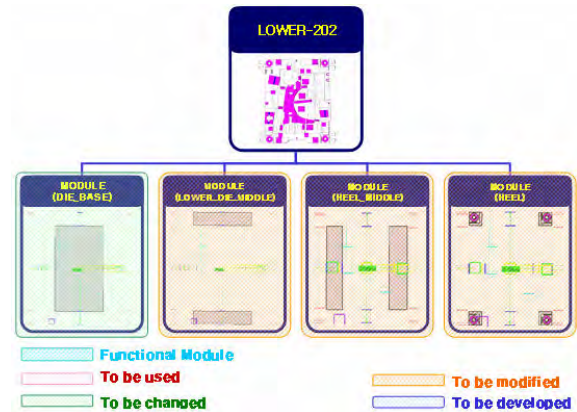


Fig.5 Structure module of lower die

## 3. 표준 구조부 템플릿 기반 설계

표준 구조부 템플릿을 기반으로 금형 구조부를 설계할 경우 기존의 방식이 아닌 새로운 설계 프로세스가 필요하며, 본 논문에서는 Top down 방식의 설계방식을 사용하였다. 금형 구조를 크게 ① Design-unit (상·하형 어셈블리) ②Design-sub unit (상형 어셈블리, 하형어셈블리) ③Design part (표준부품들, 상형구조부, 하형구조부) ④Design feature(설계 특징형상)로 나누고 Design unit 에서 Design feature 로 점차 세분화하며 설계를 진행할 수 있도록 하였다.

설계자는 제품데이터 (Surface, Wireframe)와 L/O 도면(Layout drawing)을 기초로 금형을 설계하게 된다. 본 논문에서는 성형부 설계가 끝난 후 구조부 설계가 이루어지는 공정을 개선하고자 한다. 최상위에 있는 Design unit 단계에서는 제품 데이터에 표시된 정보와 L/O 도면에 존재하는 라인사양 정보(Shut height, Start-point height, Bolster length, Bolster wide)와 스크랩의 추출 방향, 개수 등의 설계변수들을 표준 구조부 템플릿에 입력하는

작업이 이루어지게 되고, Design-sub unit 단계에서는 표준부품과 자작품들의 설계 사양이 결정되고 구조부는 부품들이 안착될 수 있도록 치수가 자동으로 변경되게 된다. 표준부품들과 자작품들 역시 지속적으로 사용되는 부품들이 있는 반면 각 설계 사양에서 특별히 필요한 부품들이 있기 때문에 지속적으로 사용 가능하거나, 치수, 형상 변경만 이루어져 사용 가능한 부품들만을 템플릿화 하였다. 그리고 Design part 단계에서는 전 단계에서 결정되어야 하는 부분 중에서 모듈변화 없이는 불가능한 경우에 모듈 라이브러리에서 모듈을 교체해주는 작업이 이루어지게 된다. 마지막으로 Design feature 단계에서는 모듈교체 없이 설계특징형상만의 변화로 설계사양을 만족할 수 있는 부분들을 쉽게 수정할 수 있게 하였다. (Fig.6)

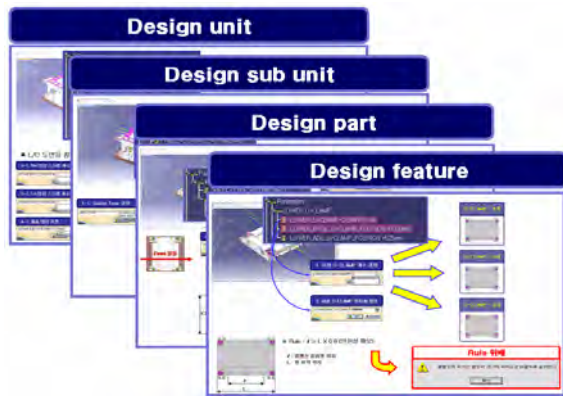


Fig.6 Standard structure template based design

#### 4. 결론

오늘날 세계 자동차 업계는 제품 품질향상, 제조 비용 절감, 개발 기간단축 등의 압력을 받고 있으며, 특히 국제 경쟁력을 확보하고, 다양한 소비자의 감성을 충족시키기 위하여 신차개발기간 단축에 사활을 걸고 있는 실정이다. 그 중에서도 금형설계기간은 Bottleneck 이기 때문에 우선적으로 해결이 되어야 하는 선행과제라고 볼 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 3D CAD 의 활용도를 극대화 하려는 노력이 절실히 요구된다. 3D CAD 의 도입으로 가장 좋은 점은 바로 설계자동화가 용이하다는 것이고, 이러한 이점을 잘 살리기 위해서 각 기업들은 자사 제품의 특징을 명확하게 이해하고, 효율적으로 설계할 수 있는 방법론을 지속적으로 개발해 나아가야 한다. 제품이 비교적 단순하고 설계변경이 많지 않다면 자동화율을 높이는 것이 좋고, 그렇지 않다고 하면 자동화 와 유연성을 동시에 만족할 수 있는 설계시스템을 구축하여야 한다. 본

논문에서는 금형설계의 경우, 설계변경도 많고 유연성이 강조되어야 하므로 모듈화 설계방법론을 도입하여 이를 해결하고자 하였다. 현재는 전단금형설계에 이를 적용하였고, 향후에는 드로우금형에 확대 적용하고자 한다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부에서 추진하는 차세대신기술 개발 사업의 하나로 수행되는 ‘글로벌 정보공유 및 지식기반의 차세대 생산시스템 개발’과제의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. R. Soenen and G.J.Olling “Advanced CAD/CAM Systems” CHAMPMAN & HALL
2. R. Pilani , K. Narasimhan , S. K. Maiti , U. P. Singh , P. P. Date “A Hybrid Intelligent Systems Approach for Die Design in Sheet Metal Forming” Int. Journal Adv. Manuf. Technol. Vol. 16, pp.370–375, 2000
3. Dun-Bing Tang, D.B. Li and S.Q. Zhang “A conceptual approach for the die structure design” Journal of Intelligent Manufacturing Vol.12, pp. 43-56, 2001
4. Kun-Woo Lee “Principle of CAD/CAM/CAE System” Addison Wesley Longman, Inc, (1999)
5. Dr. I. C. Wright “Design methods in engineering and production design” The McGraw-Hill (1998)
6. 정효상, 이성수 “자동차 프레스 금형 자동 설계 지원 시스템” 한국 정밀공학회지 제 19 권 8 호, pp. 194-202
7. S. H. Wu, K. S. Lee, J. Y. H. Fuh “Feature-Based Parametric Design of a Gating System for a Die-Casting Die” Int. Journal Adv. Manuf. Technol. Vol.19, pp. 821–829, 2002