자동차 패널 드로잉 금형 설계를 위한 3 차원 CAD 시스템의 개발

이상화*(재영솔루텍), 이상헌(국민대학교)

Development of a Three-Dimensional CAD System for Design of Drawing Dies for Automotive Panels

Sang Hwa Lee (JYSolutec), Sang Hun Lee (Kookmin University)

ABSTRACT

This paper describes a dedicated three-dimensional CAD system for design of drawing dies for automotive body panels. Since solid die models are useful not only for simulations for design verification, but also for NC tool path generation to machine dies and their Styrofoam patterns, 3-D CAD systems have been introduced in the tooling shop of automotive manufacturers. However, the work to build solid models requires a lot of time and effort if the designer uses only the general modeling capabilities of commercial 3-D CAD systems. To solve this problem, we customized a 3-D CAD system for the drawing die design. The system provides not only 3-D design capabilities, but also standard part libraries to enhance design productivity. By introducing this system, the drawing dies can be designed more rapidly in the 3-D space, and their solid data can be directly transferred to CAM tools for NC tool path generation and simulation tools for virtual manufacturing

Key Words : CAD, Unigraphics, Die Design(금형 설계), Automotive Body Panel(자동차 차체 패널)

1. 서 론

자동차 차체 프레스 금형은 종류별로 하나씩만 제작되고 장시간의 가공작업이 소요되는 전형적인 기계 가공 제품으로서 금형 설계 및 제작에 소요되는 공수는 자동차의 모델 개발 및 양산에 소요되는 기간 중에서 가장 오랜 기간(약 50%)을 점유하고 있다. 이와 같이 금형 설계 제작에 대한 시간 단축의 효과는 매우 크기 때문에 일찍이 이 분야에 3D CAD/CAM 기술을 도입하려는 시도들이 있어왔다. 그러나, 현재까지는 주로 성형부, 즉, 제품 면 및 다이 면만을 곡면으로 모델링 하여 NC 데이터를 얻고 있으며 아직도 대다수의 금형업체에서는 금형 구조부에 대해서는 2D 설계 및 가공 중심의 프로세스로 진행되고 있다. 이러한 2D 중심의 금형 설계 및 가공 프로세스는 정확한 설계 검증이 어렵고, 공간을 활용한 최적 설계가 곤란하며, 설계자의 의사전달이 불명확하며, 가상 시뮬레이션을 위하여 2D 를 3D 데이터로 모델링 하는 추가 작업이 필요하고, 구조 가공의 Full NC 화를 통한 생산성 향상을 꾀할 수 없다.

이러한 2D CAD 시스템의 문제점은 3D CAD 시스템을 금형 설계에 도입함으로써 해결할 수 있다. 즉, 3D 설계 결과인 금형의 솔리드 모델을 이용하여 구조해석, 가상 시뮬레이션, 금형 패턴의 NC 가공, 금형 구조부의 NC 가공 등으로 구성된 일련의 프로세스를 일관되게 진행시킬 수 있다.

그러나 3D CAD 시스템을 금형 설계에 적용하는 데는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 편집 설계를 가능하게 할 라이브러리의 부족 및 관리가 용이한 설계 데이터 베이스의 부족과 같은 3 차원 기반의 설계 인프라 부족. 둘째, 기존 시스템과 도입 시스템간의 호환상의 어려움으로 야기되는 레거시(legacy) 문제의 발생. 셋째, 설계 작업자의 미숙련, 3 차원 실무 경험의 차이로 생기는 설계 수준의 차이, 설계 지식의 체계적 정립 미흡을 들 수 있다.

따라서 설계 자체의 효율을 높이기 위해서는 금형설계방법을 표준화하고, 표준 부품 라이브러리의 구축, 각종 설계 편의 기능의 개발을 개발하며, 자체 설계 규칙, 지식을 정리하여 지식기반(knowledge base)을 구축하여 이를 설계자에게 적시에 필요한 형태로 제공되어 이를 이용하여 금형을 설계할 수 있는 전용 설계 시스템화 하는 하는 과정이 필요하

다. 이러한 시스템을 사용함으로써 금형 품질의 일관성을 유지할 수 있으며 설계 경력이 적은 설계자라 할지라도 수준이상의 설계가 가능하게 된다. 또한 표준화 되고 정형화된 설계 규칙(rule)을 시스템화함으로써 설계자에게 실시간 조언(advice)과 자동화가 가능하므로 설계시간을 상당히 단축시킬 수 있는 효과도 있다.

프레스 금형 설계와 관련된 CAD/CAM 시스템에 대하여 먼저 살펴 보면 CATIA 를 바탕으로 한 VAMOS[1]와 CADE[2], Unigraphics 를 바탕으로 한 프레스 금형 설계 모듈인 Die Engineering Wizard[3], Nihon Unisys 의 CADCEUS[4]등이 대표적인 것이라 할 수 있다. 하지만 높은 가격 그리고/또는 우리나라 금형 구조와 상이한 방식 때문에 국내 금형 회사에서는 거의 사용하고 있지 않다.학계에서의 연구를 살펴보면, 먼저 정효상 [5, 6]은 상용 3 차원 CAD 시스템인 Pro/Engineer 기반의 보닛 금형 설계의 지원 시스템을 개발하였다. 금형의 표준 부품 라이브러리 구축과 관련해서는 이상헌 등 [7, 8], 사출 금형과 관련된 부품 라이브러리 구축에 대한 연구를 수행하였으며, 자동차 프레스 금형의 표준 부품 라이브러리 구축 및 적용에 대해서는 박철현 등 [9]이 연구를 수행하였다.

2. 드로잉 금형 설계 지원시스템 개요

프레스 금형 설계 지원 시스템 개발을 위해서 국내 자동차 회사 및 금형 업체의 설계 엔지니어들과 인터뷰를 하고, 자료를 입수하고, 이 자료를 분석하여 개발 방향을 설정하였다. 개발 방향은 다음과 같다.

- 설계 지식(design knowledge)의 시스템화
- 3D 솔리드 프레스 금형 설계의 방법론 및 표준 제시
- 3D 설계 작업의 편의성 보장

드로잉 금형의 일반적인 구조는 일반적으로 상형, 하형으로 구분하고 하형은 펀치(punch)와 블랭크 홀더(blank holder)로 구성된다. 단, 본 논문에서는 편의상 하형을 펀치 형상을 제외한 나머지 부분으로 정의하도록 하겠다. 따라서 본 논문에서 금형 구성품의 명칭은 Fig. 1 에 나타난 것과 같이 상형(upper die), 블랭크 홀더, 펀치, 하형(lower die)로 정의해서 사용한다.

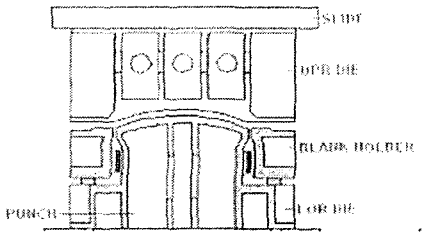


Fig. 1. Die structure

본 논문에서 제안하는 금형 설계 시스템은 Fig. 2 에 나타난 것과 같이 주 구조물을 생성시키기 위한 형상 설계 모듈(Shape Design Module), 주 구조물에 세부적인 형상을 더해나가는 특징 형상 설계 모듈(Feature Design Module), 표준 부품 라이브러리와 같이 데이터베이스를 기반으로 한 데이터 기반 모듈(Data-Based Module), 그리고 기타 설계 지원 모듈(Etc Module)로 구성되어 있다. 본 논문에서는 이 가운데 형상 설계 모듈에 대해서 중점적으로 설명하도록 하겠다.

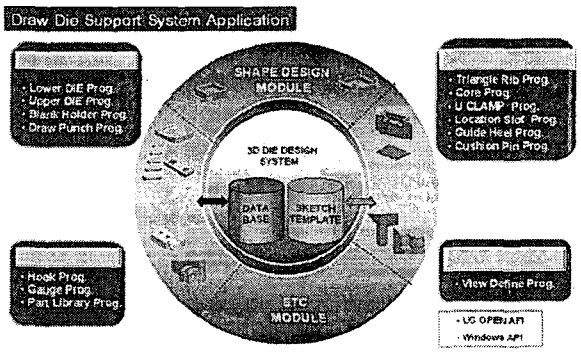


Fig. 2. System configuration.

본 논문에서 구현한 드로잉 금형 설계 지원 시스템은 MS Windows 2000 Professional 의 운영 체제 환경에서 상용 3 차원 CAD 시스템인 Unigraphics 시스템을 기반으로 개발되었다. Unigraphics 시스템을 기반으로 소프트웨어를 개발하기 위해서 Unigraphics 의 UG/Open API 라이브러리 [10]와 Win32 API 라이브러리를 사용하였다.

3. 상형(Upper Die) 설계

상형은 금형의 하형, 블랭크 홀더와 함께 금형을 구성하는 중요한 부품이다. 상형에는 중량 감소를 위한 주 리브(main-ribs)와 보조 리브(sub-ribs)가 존재하게 되며 또한 유 클램프(U-clamp), 블랭크 홀더와의 가이드를 위한 가이드 힐(guide heel)등의 장착부가 들어간다.

상형 설계는 Fig. 3 에 나타난 것과 같은 프로세

스에 의해 진행된다. 표준화된 스케치를 불러들여 온 뒤 사용자 정의에 의해 상형, 다이 페이스, 리브를 생성하도록 되어있다. Fig. 4 는 상형 설계 모듈의 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)의 예를 보여주고 있으며, Fig. 5 는 이 모듈을 사용하여 상형을 설계한 예를 보여주고 있다.

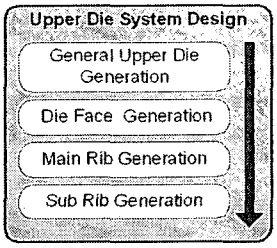
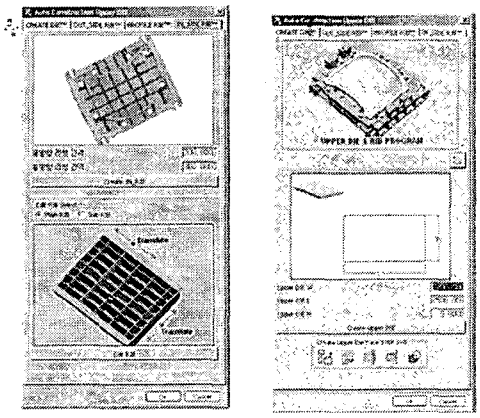


Fig. 3. Upper die design process.



(a) (b)

Fig. 4. GUI of the upper die design module: (a) generation of an upper die, (b) editing rib parameters.

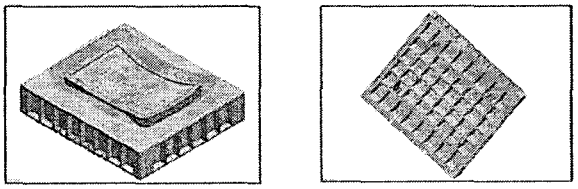
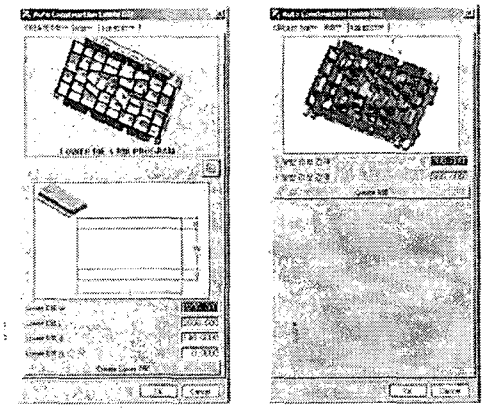


Fig. 5. An upper die created using the upper die design module.

4. 하형(Lower Die) 설계

하형에는 상형과 마찬가지로 중량 감소를 위한 주 리브와 보조 리브가 존재하게 되며 또한 유 클램프(U clamp), 로케이션 슬롯(location Slot)등의 자리부가 들어간다. 개발된 하형 설계 시스템의 GUI(Graphic User Interface)는 Fig. 6 와 같다. 하형 설계 과정은 먼저 사용자로부터 금형의 길이와 너비를 입력받아 하형을 생성시키고, 다음 리브의 간격을 입력받아 보조 리브를 생성한다. 필요하다면 리브 편집 기능을 사용하여 생성된 리브를 편집할 수도 있다. 하형 설계 모듈을 적용시켜 하형을 생성한 예가 Fig. 7 에 나타나 있다.



(a) (b)

Fig. 6. GUI of the lower die design module: (a) generation of a lower die, (b) generation of ribs.

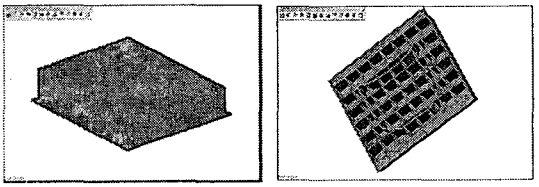


Fig. 7. An lower die created using the lower die design module.

5. 펀치(Punch) 설계

펀치는 금형의 하형에 위치하게 되며, 블랭크 홀더의 상대 운동을 안내하며 윤활 역할을 하는 웨어 플레이트의 부착면이 포함되어 있다. 펀치 설계 모듈의 GUI 의 일부가 Fig. 8 에 나타나 있다. 이 모듈을 이용한 펀치 생성 프로세스는 다음과 같으며, 그 적용 예가 Fig. 9 에 나타나 있다.

(Step 1) 펀치 프로파일(punch profile) 및 제품 박판모델(sheet model)을 금형의 중심으로 이동시킨다.

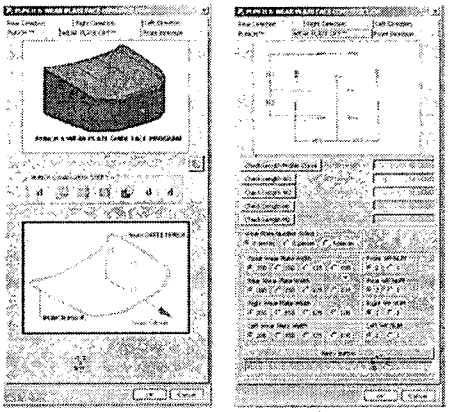
(Step 2) 원래 펀치 프로파일을 안쪽 방향으로 3mm 옵셋(offset)하여 새로운 프로파일을 만든다. 이 옵셋 프로파일은 펀치와 블랭크 홀더 사이에 간격을 두기 위함이다.

(Step 3) 펀치 프로파일을 펀치의 높이만큼 Extrude 시켜 펀치 곡면을 생성 시킨다.

(Step 4) 원래 제품 박판 모델을 일정하게 아래

방향으로 50mm 만큼 오프셋(offset)시켜 펀치 내부 면을 생성한다.

(Step 5) 펀치의 다이 페이스(die face)를 생성하기 위해 Unigaphics 의 고급 모델링 기능 가운데 트림 바디(trim body) 기능을 이용하여 펀치의 다이 페이스 면을 생성 한다.



(a) (b)

Fig. 8. GUI of the punch design module: (a) generation of a punch, (b) generation of wear plates.

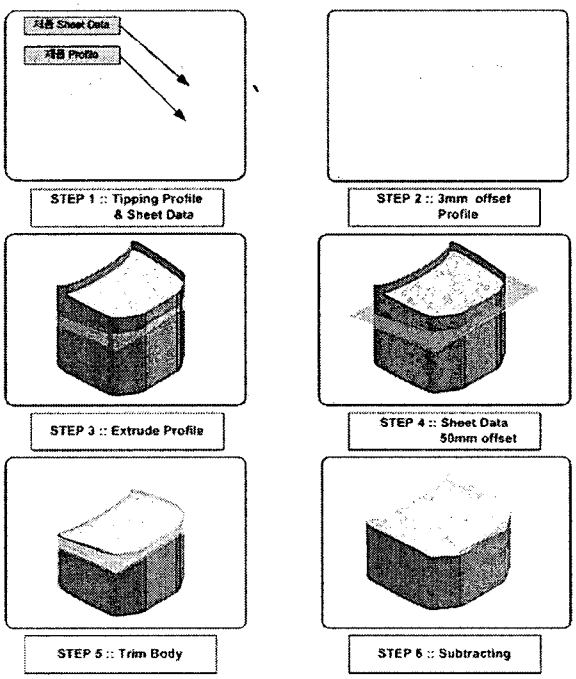


Fig. 9. Punch design process.

6. 블랭크 홀더 (Blank Holder) 설계

블랭크 홀더에는 중요 부분으로 펀치와 블랭크 홀더와의 릴리프면이 존재하게 되며 또한 상형과의 가이드를 위해 가이드 힐(guide heel)의 자리부가 들어간다. 위치 결정 장치로 판넬의 위치를 결정하고 판재(blank)의 투입 유무를 감지하는 장치로 게이지가 설계된다. 일반적으로 블랭크 홀더의 형상과 대표적 수치는 다음 Fig. 10 에 나타난 것과 같다. 펀치 및 블랭크 홀더와의 릴리프 면은 일반적으로 10mm 로 하되, 펀치 프로파일 변경이 예상되거나 불확실한 경우 수정 여유 확보를 위해 최대 20mm 로 한다. 블랭크 홀더와 펀치와의 가이드에서 면 설치 위치는 펀치 프로파일 + 3mm 를 기준으로 한다.

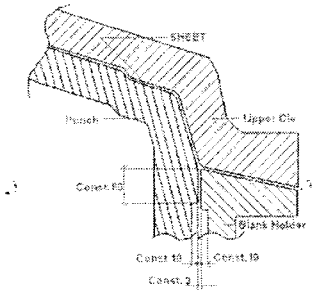


Fig. 10. Dimensions between a punch and a blank holder.

Fig. 11 은 블랭크 홀더 설계 모듈의 일부 GUI 를 보여주고 있다. 이 모듈의 구현을 위하여 Unigraphics 기능 중 고급 기능인 트림 바디(Trim Body), 웨이브 지오메트릭 링커(wave geometric linker)를 사용하였다. 이 모듈을 이용한 블랭크 홀더 설계 프로세스는 Fig. 12 와 같다. 표준화된 형상 스케치를 불러온 뒤 표준에 의거한 설계 룰에 따라 다이 페이스, 리브를 생성한다. 블랭크 홀더 설계 결과의 한 예가 Fig. 13 에 나타나 있다.

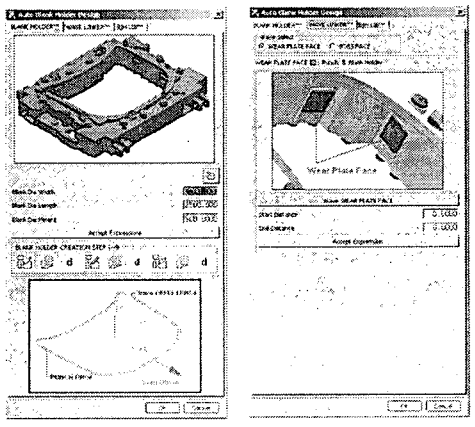


Fig. 11. GUI of the blank holder design module.

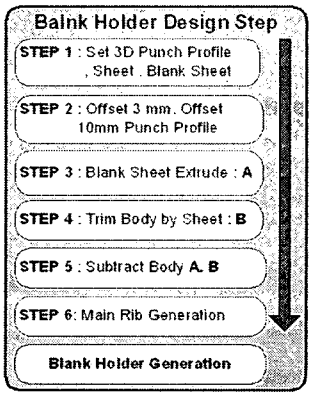


Fig. 12. Process of blank holder creation

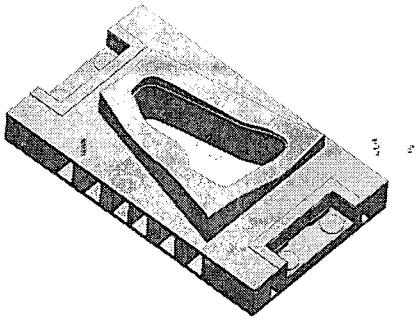


Fig. 13. A blank holder created using the blank holder design module.

7. 결 론

본 연구에서는 먼저 기존의 자동차 패널용 드로잉 금형의 설계 프로세스를 파악하고 이를 3 차원 설계 작업에 적합한 새로운 프로세스를 정립하였으며, 이를 효율적으로 지원하기 위한 Unigraphics 기반 3 차원 금형 설계 전용 소프트웨어를 각종 설계 표준과 금형 설계자의 경험과 지식을 바탕으로 개발하였다. 본 시스템을 사용함으로써 얻을 수 있는 기대 효과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 금형 설계 공정 및 부품을 표준화 하고 이를 데이터 베이스화함으로써 설계 지식과 데이터 베이스를 이용한 파라메트릭 디자인으로 솔리드 모델링 기술을 현업에 쉽게 적용할 수 있고, 후 공정과 연계가 원활해진다.
- 특징 형상을 표준에 의거 하여 생성하여 설계자의 인간적인 실수를 배제하여 설계 에러 및 설계 변경을 감소시키고 설계 시간을 단축할 수 있다. 또한, 설계 경력이나 능력에 따른 편차를 줄일 수 있고 초보자도 양질의 설계를 수행할 수 있다.
- 특징 형상의 관계식을 조작하여 사용자가 원하는 형상으로 변경할 수 있다. 또한 새로운 변수 값들의 입력이 가능하고, 조립된 상태부터 스케치에 이르기 까지 정의할 수 있어서 유용하다. 그러나 한번 구축하게 되면 손쉽게 값들을 변경 할 수 있다.

참고문헌

1. T-systems International GmbH, VAMOS, http://www.c3pdm.com/des/products/vamos/index.html, 2004.
2. Kelton Graphics Pvt Ltd, CADE, http://www.keltongraphics.com/cade.html, 2004.
3. UGS, Die Engineering Wizard, http://www.ugs.com/product/nx/tooling/mold/die_eng_wizard.html , 2004
4. Nihon Unisys, CADCEUS, http://cadceus.com/e/, 2005.
5. Jung, H.S, Lee, S.S., "Automatic Design Supporting System for Automobile Stamping Tool", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 19, No. 8, pp194-202, 2002.
6. Jung, H.S, "A Study on the Automatic Design Supporting for Automobile Bonnet Tools", Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 5, pp131-141, 2004.
7. Lee, S.H. and Lee, K., "An Integrated CAD System for Mold Design in Injection Molding Process", Production Engineering Division, The Winter Annual Meeting of the ASME, Chicago, PED-Vol.32, pp.257-271, 1988.
8. Lee, S.H., Jang, J.-W., Lim, S.-L., Kim, S.-R., Woo,Y.H., Lee, K.-S., Heo, Y.-M., Yang, J.S., Kim., S-I., "Development of a Graphic System for Mold Design Based on Solid Modeling", Proc. of the 10th Advanced Manufacturing System Work Shop, Seoul, 2002.9.6. pp.118~131.
9. Park, C.H., Lee, S.S., "A Design of Press Die Components by Use of 3D CAD Library", Transaction of the Society of CAD/CAM Engineers, Vol. 9, No. 4, pp. 373-381, 2004.
10. UGS, UG/OPEN API Reference Version NX2, 2004.