

자동차 프레스 금형 설계를 위한 3차원 CAD 시스템의 개발

이상화*, 이상현**, 유승우***

Development of Three-dimensional CAD System for Die Design for Automotive Body Panels

Sang Hwa Lee*, Sang Hun Lee** and Seung Woo Ryu***

ABSTRACT

Recently three-dimensional (3-D) die design and production process has been widely introduced into the tooling shops of automotive manufacturers to reduce time-to-production of brand-new automobiles. 3-D solid models created in CAD systems are used not only for various simulations for design verification, but also for NC tool path generation to machine dies and their Styrofoam patterns. However, a lot of time and cost will be required to build solid models for dies if designers use only the generalized modeling capabilities of commercial 3-D CAD systems. To solve this problem, it is necessary to customize 3-D CAD systems for the specific die design and manufacturing process. This paper describes a dedicated 3-D CAD system based on Unigraphics for die design for automotive body panels. The system provides not only 3-D design capabilities, but also standard part libraries, to enhance design productivity. The design process modeling technology has been introduced to facilitate redesign of the die for the modified panel. By introducing this system, 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, Automotive Body Panel, Design Process Modeling

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

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 3-D (three-dimensional) CAD/CAM 기술을 도입하려는 시도들이 있어 왔다.¹⁾ 그러나, 현재까지는 주로 성형부, 즉, 제품 면 및 다이 면만을 곡면으로 모델링 하여 NC데이

터를 얻고 있으며 아직도 대다수의 금형업체에서는 금형 구조부에 대해서는 2-D(two-dimensional) 설계 및 가공 중심의 프로세스로 진행되고 있다. 이러한 2-D 중심의 금형 설계 및 가공 프로세스는 정확한 설계 검증이 어렵고, 공간을 활용한 최적 설계가 곤란하며, 설계자의 의사전달이 불명확하며, 가상 시뮬레이션을 위하여 2-D를 3-D 데이터로 모델링 하는 추가 작업이 필요하고, 구조 가공의 전체 NC 화를 통한 생산성 향상을 꾀할 수 없다.

이러한 2-D CAD 시스템의 문제점은 3-D CAD 시스템을 금형 설계에 도입함으로써 해결할 수 있다. 즉, 3-D 설계 결과인 금형의 솔리드 모델을 이용하여 구조해석, 가상 시뮬레이션, 금형 패턴의 NC 가공²⁾, 금형 구조부의 NC 가공 등으로 구성된 일련의 프로세스를 일관되게 진행시킬 수 있다. 그러나 이와 같은 3-D 중심의 프로세스를 구축할 경우 비록 검증과 가공은 편리해진다 하더라도 설계 단계만을 보면 기존의 2-D 설계 방식에 비하여 더 많은 사용자 입력을

*재영솔루텍 KMOLD팀

**교신저자, 종신회원, 국민대학교 기계자동차공학부

***GM대우자동차 생산기술연구소

- 논문투고일: 2007. 01. 03

- 심사완료일: 2007. 01. 12

필요로 하므로 기존의 3-D CAD 시스템의 범용적인 모델링 기능만으로는 설계 작업을 수행할 경우 설계 시간이 상당히 증가하는 것을 피할 수 없다.

따라서 3-D 설계 자체의 효율을 높이기 위해서는 먼저 금형 설계 방법을 표준화하고, 표준 부품 라이브러리를 구축하며, 각종 설계 편의 기능의 개발하여 설계자가 이를 이용하여 설계할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 즉, 3차원 금형설계 전용 CAD 시스템의 개발이 필수적이다. 또한, 더 나아가 금형 설계에 필요한 지식을 수집하여 지식베이스(knowledgebase)를 구축하며 이를 기반으로 한 지식기반 설계시스템을 구축 제공하는 작업도 요망된다. 또한, 제품 변경이나 금형 설계 수정에 따른 금형 재설계 작업을 용이하게 수행될 수 있는 방법을 개발 제공하는 것도 필요하다.

이에 본 연구에서는 Unigraphics와 같은 상용 3-D CAD 시스템을 바탕으로 국내의 금형 개발 프로세스를 반영한 자동차 차체 패널용 금형 설계 지원 시스템을 개발하고자 한다. 이 시스템은 3-D 설계를 신속히 지원할 수 있도록 금형 부품에 대한 표준 라이브러리 및 설계자의 경험과 설계식이 융합된 각종 설계 편의 기능들을 제공하며 또한 설계 프로세스 모델링(design process modeling) 기법을 개발 적용함으로써 금형의 재설계 작업을 용이하게 해주어야 한다. 그럼으로써 3-D 금형 설계의 생산성 향상과 균일한 품질 확보에 도움을 주고 궁극적으로 금형의 납기 단축과 품질 향상에 기여할 수 있기를 기대한다.

1.2 관련 연구

Kim *et al.*^[3]은 자동차용 드로우 금형 설계를 위한 전문가 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 설계자의 지식과 표준 데이터를 수집하여 베이스를 구축하였으며, 설계 결과가 2차원 도면으로 나타나도록 하였다.

김^[4]은 AUTOCAD의 프로그램 언어의 일종인 ObjectARX를 이용한 금형 설계 자동화에 관한 연구를 하였으며 설계 결과는 2차원 AutoCAD 도면으로 나타나도록 하였다.

정과 이^[5]는 상용 3차원 CAD 시스템인 Pro/Engineer를 기반으로 한 본넷트 금형 설계 지원 시스템을 개발하였다. 여기에서는 설계 변수에 대한 관계식을 프로그래밍한 금형의 표준 템플릿을 구축하여 해당 조건에 맞는 금형이 자동 설계되도록 하였다.

한편, 금형 설계를 신속히 하기 위해서는 표준부품 라이브러리의 구축이 필수적이다. 이에 박 등^[6]은 프레스 금형에 대한 3차원 표준부품 라이브러리의 구축 및 이를 이용한 프레스 금형 설계 예를 보여주었다.

자동차 금형 설계를 위한 대표적인 상용 CAD 시스템으로는 VAMOS^[8], CADE^[9], Die Engineering Wizard^[10]로서 이들은 각각 상용 3차원 CAD 시스템인 CATIA V4/V5, CATIA V4, Unigraphics를 기반으로 개발되었다. 하지만 높은 가격, 그리고/또는 우리나라 금형 구조와 상이한 방식 때문에 국내 회사에서는 거의 사용하고 있지 않는 형편이다. 또한 금형 재설계를 편리하게 지원해 줄 수 있는 방법이 제공되고 있지 않다. 이에 본 논문에서는 국내 실정에 적합하며 3차원 설계 및 재설계 작업을 신속히 수행할 수 있는 3차원 금형 설계 전용 CAD 시스템을 개발하고자 한다.

2. 시스템 설계

2.1 금형 구조 및 설계 방법

자동차의 차체 패널은 드로잉(drawing), 트리밍(trimming), 헤밍(hemming), 펀칭(punching) 등 통상 3~4단계의 프레스 공정을 거쳐서 만들어진다. 이 가운데 패널의 품질에 가장 큰 영향을 끼치는 중요한 공정은 첫번째 드로잉 공정이다. 이 공정을 위한 드로우 금형(draw die)의 구조를 살펴보면 일반적으로 Fig. 1에 나타난 것과 같이 제품 성형을 위한 상형(upper die)과 하형(lower die), 그리고 판재를 붙잡아주는 블랭크 홀더(blank holder)로 구성된다. 단, 본 논문에서는 편의상 하형을 펀치(punch) 형상을 제외한 나머지 부분으로 정의하도록 하겠다. 따라서 본 논문에서 금형 구성품의 명칭은 상형, 블랭크 홀더, 펀치, 하형으로 정의해서 사용한다. 프레스 금형에는 Fig. 1에 나타난 것과 같이 다양한 특징형상이 있으며 이에 대해 간략히 설명하면 다음과 같다.

- 쿠션 핀(cushion pin): 프레스 하부 베드(bed) 위에 위치하여 일정한 압력으로 블랭크 홀더를 밀어 성형이 가능하도록 하는 봉 형태의 핀.
- 핀 후크(pin hook): 금형을 반전 또는 이송하기 위해 설치된 구조물.
- 유 클램프(U clamp): 금형을 프레스 장비에 체결하기 위해 사용되는 홈 형태의 구조물.
- 로케이션 슬롯(location slot): 금형의 조립 시 대각선 방향으로 설치하여 공차만큼의 움직임을 주어 금형의 완만한 조립을 돕는 구조물.
- 삼각 리브(triangle rib): 금형 구조에서 취약부위에 보강용으로 쓰기 위해 설치하는 구조물.
- 다이 페이스(die face): 판재의 주름 및 기타 성형 불량 현상을 제어하는 면으로서 제품 형상면을 제

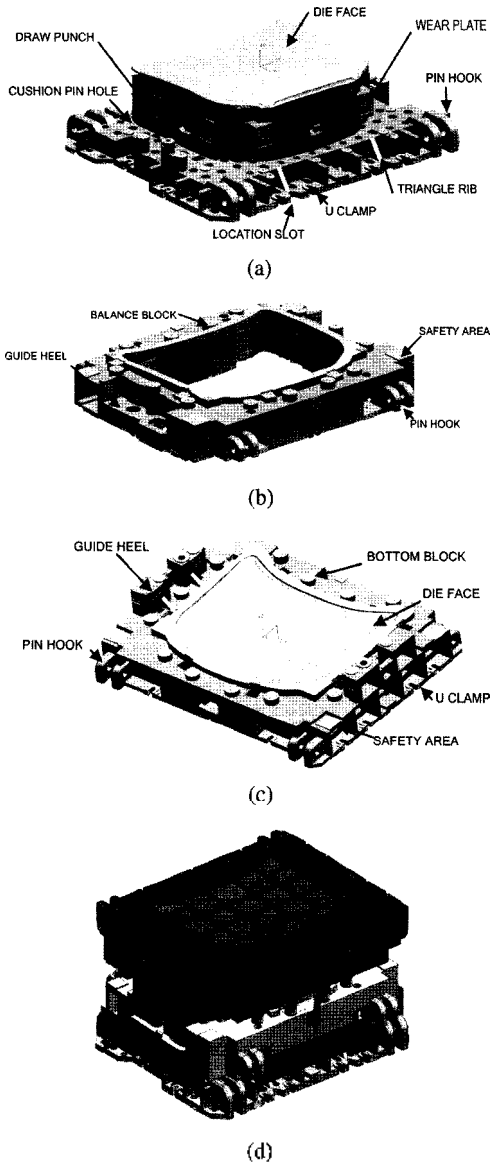


Fig. 1. Structure of draw die: (a) lower die, (b) blank holder, (c) upper die, (d) die assembly.

위한 편치의 상단면.

- 웨어 플레이트(wear plate): 상형 다이와 블랭크 홀더, 하형 펀치와 블랭크 홀더 사이에서 블랭크 홀더가 상하로 움직이는 것을 안내하면서 윤활 역할을 하는 부품.
- 가이드 힐(guide heel): 금형의 상형과 하형 또는 상형과 블랭크 홀더를 조립할 때 상호간의 정확한 위치를 잡아 결합시키고, 또한 결합 시 각 금형 사이에 발생하는 밀림을 방지하거나 완화시키기

위해 설계되는 구조물.

- 게이지(gauge): 금형에 사용하는 안내판 또는 위치 결정 장치로 패널의 위치를 결정하고 판재(blank)의 투입유무 감지하는 장치.

금형의 설계는 크게 다이 페이스(die face)의 설계와 구조부 설계로 나눈다. 다이 페이스 설계에서는 패널 형상 모델에 블랭크 홀더 면과 어육면을 덧붙여서 원활한 성형이 이루어지도록 곡면 모델을 생성하며, 구조부 설계에서는 금형의 전체 솔리드 형상을 생성시킨다. 구조부 설계에서는 먼저 상하형과 블랭크 홀더의 주요 형상을 결정하고 여기에 세부적인 특징형상들을 덧붙이는 순으로 작업을 진행한다. 금형의 전체 조립체는 각종 부품들을 조립함으로써 완성된다. 본 논문에서는 구조부 설계에 초점을 맞춘 자동차 금형 설계 시스템을 개발하고자 한다.

2.2 시스템 개발 방향 및 기술 개발

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

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

이러한 각각의 개발 방향에 대하여 보다 구체적인 실현 방안을 연구하였으며 이에 대한 연구 결과는 다음과 같다.

2.2.1 금형설계 방법론: 특징형상단위 설계

3-D 솔리드금형을 단기간에 설계하기 위한 대표적인 방법으로 표준 템플리트(template) 사용법을 들 수 있다. 이 방법은 미리 특정 대상 부품에 대한 금형의 표준 모델을 준비해 두었다가 그 부품에 대한 설계가 필요한 경우 대상 부품의 주요 치수를 참조하여 그에 맞는 금형 모델을 파라메트릭 기법을 적용하여 얻는 방식이다. 이 방식은 원하는 금형 모델을 최단 기간 내에 얻을 수 있다는 장점이 있으나 그 준비 기간 및 노력이 많이 소요되고 예상치 않은 대상 부품에 대해서는 적절히 대응하기 곤란하다는 문제점을 가지고 있다.

일반적으로 금형은 설계 시 마다 이전과 다른 상황에 처하는 경우가 많고 설계자가 창의적으로 설계하는 경우가 많기 때문에 금형 템플리트를 구축하는 것

보다 특징형상과 같은 설계 단위로 편리하게 설계할 수 있게 해 주는 것이 보다 효과적이다. 이에 본 시스템은 특징형상 단위의 설계 지원 기능을 개발하여 설계자가 특정 설계 순서에 구애받지 않고 설계할 수 있도록 하였다.

2.2.2 설계 지식의 시스템화: 지식기반 베이스 모델 구축 활용

신제품 개발 및 설계 변경 시 기존의 설계 지식과 데이터를 최대한 활용함으로써 설계의 초기 품질을 향상시키고 개발 기간의 단축시키며 비용 절감 및 설계 오류 감소를 꾀할 수 있다. 이에 본 논문에서는 표준화된 형상과 기존 설계 지식이 내포된 지식(knowledge) 기반의 베이스(basic) 모델을 구축하여 이를 설계 시스템에서 사용하는 방식을 구현하였다. 여기서 지식이란 설계자의 지식 및 노하우가 데이터화된 규칙들의 집합으로 일종의 설계 가이드라고 할 수 있으며, 베이스 모델이란 생성하고자 하는 부품 및 어셈블리에 대한 3D 파라메트릭 모델로 파라미터를 수정하여 여러 새로운 형상의 모델을 신속하게 생성할 때 사용하는 기본 모델을 지칭한다.

지식은 Fig. 2에 나타난 것과 같이 파라미터(parameter)와 관계(relation)의 두 가지 범주로 구성된다. 파라미터는 내부 파라미터와 외부 파라미터로 다시 나눌 수가 있는데, 내부 파라미터는 베이스 모델 생성시 모델을 이루고 있는 파라미터를 말하고 외부 파라미터는 사용자에 의해 생성 관리되는 파라미터를 말한다. 관계는 식(formula)과 규칙(rule)으로 나눌 수 있으며, 식은 사용자 파라미터들과 실제 설계 변수들을 적절하게 연결해 주는 수학적식이나 논리식을 말하고 규칙은 특정 컨텍스트에서 수행된 액션들의 목록으로서 조건을 만족할 때에만 수행되고 조건을 불만족할 때에는 사용자에게 적절한 정보를 전달하게 된다.

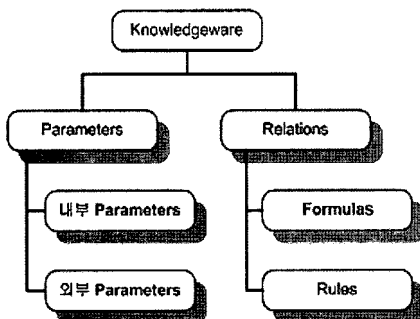


Fig. 2. Components of knowledge.

2.2.3 재설계 용이화: 설계 프로세스 모델링 기법

금형 설계를 하는 동안 제품 데이터가 변경되는 경우가 종종 발생하지만 제품의 변경에 영향을 받는 최소한의 작업을 재수행하지 못하고 처음부터 금형을 다시 설계해야 하는 경우가 흔히 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 금형 설계를 위한 설계 프로세스 모델링(design process modeling) 기법을 제안하고자 한다. 여기서 설계 프로세스 모델링 기법이란 이미 설계가 완료됐거나 진행중인 설계에 대해서 어떠한 형상의 변화가 발생했을 때 변경된 형상에 대하여 각 부품간의 치수, 위치관계, 기하학적 요소 관계들이 적합하게 유지될 수 있도록 하는 기법을 뜻한다. 설계 프로세스 모델링은 기본적으로 각 설계 과정에서 주요 역할을 담당하는 데이터를 저장한 후 변경된 부분에 대해 이를 이용하여 다른 설계 결과를 발생하도록 한다. 금형 설계 과정에서는 제품의 일부 치수가 변경되는 경우와 제품 형상 자체가 치환되는 경우 두 가지를 모두 고려하여야 한다.

첫번째, 제품의 일부 치수가 변경되는 경우를 살펴 보도록 하자. 치수에 관련된 변경은 CAD 시스템 내에서 어떠한 특징 형상을 생성했을 경우 관계가 수식(expression)의 형태로 존재하는 특징 형상 관련 정보를 변경했을 경우이다. 두 가지 이상의 물체 A, B에 대해 어떤 작업(operation)을 수행한 후에 한 물체 A 형상을 변경하게 되면 나머지 물체 B의 형상에도 같이 영향을 미치도록 모델러가 자동으로 대응하여 주어야 한다. 이와 같이 금형 설계 전 과정에서 서로 연관성을 유지하면서 모델링을 하게 되면 이전 작업의 수정이 그 이후로 전파되므로 재설계의 번거로움을 피할 수가 있다. Fig. 3은 연관성을 유지한 모델링에 대한 예이다. A를 B로 뺀(subtract) A에 라운딩(rounding)을 주게 되면 B의 형상도 같은 변화가 일어나게 된다. 본 연구에서 채택한 범용 CAD 시스템인 Unigraphics에서는 parameter라는 용어로 이러한 연관성을 표현하며 이를 유지 관리하는 wave geometry라는 이러한 기능을 마칭 갖추고 있어 이를 그대로 활용하였다.

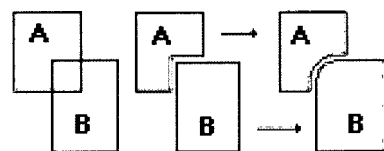


Fig. 3. Redesign process for modification of the product model retaining parameter information.

두번째, 제품 형상 자체가 치환되는 경우를 살펴보도록 하자. 제품 형상 자체의 변화로 인해 연관성이 깨지게 되면 처음부터 다시 금형 설계를 해야 되는 불가피한 경우가 발생한다. 하지만 기존의 설계 과정에서 저장된 데이터를 이용하여 금형 설계의 정해진 틀에 의한 사용자 입력을 받는다면 금형 모델을 재구성하는 것에 대해서 시간을 단축할 수 있다. 금형 설계 전 과정은 크게 주형상 설계, 특징형상 설계, 표준 부품의 모델링으로 분류할 수 있다. 제품 형상 변화에 의해서 재설계해야 하는 경우 제품 설계 전 과정에 걸쳐서 설계 과정 모델링이 관여한다. 주형상 설계 과정 중 차체 패널 데이터 인식과 상하형, 펀치, 블랭크 홀더의 설계에서 제품 변경에 따라 전체 금형의 재설계와 관련되어 있으며 특징형상 설계 과정에서는 금형에 붙는 각종 특징형상의 정의와 관련되며, 표준 부품의 선택 및 모델링 또한 재설계와 관련된다.

금형 설계의 각 기능별 설계 과정에서 제품 형상에 관련된 치수, 기하학적 요소(geometry)에 대한 정보들이 저장된다. 제품 형상의 변화가 발생했을 때 각각의 저장된 정보에 대하여 변경된 제품과 비교해서 변경이 없는 부분은 자동으로 재인식하고 변경이 있는 부분은 사용자로부터 입력 받아 새롭게 모델링을 한다. Fig. 4는 재설계에 대한 과정을 보여주고 있다.

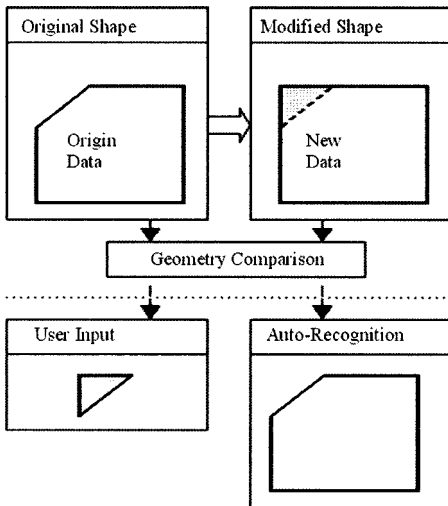


Fig. 4. Redesign process for the replaccd product model.

금형 재설계 과정에 필요한 정보들은 본 논문에서 기반으로 하고 있는 Unigraphics 시스템에서는 Table 1과 같이 요소의 속성(attribute)과 표현(expression),

이름(name)을 이용하여 저장된다. 여기서 요소의 속성은 특정 요소에 임의의 정보를 기록하기 위한 것으로 문자, 숫자 등과 같은 다양한 형식의 정보 기록 가능하며, 표현은 어떤 요소의 실제 변수에 있어서의 관계식의 정의, 값의 정의 등을 통해 파라메트릭 설계를 가능하게 하기 위한 기능이다. 그리고 요소 이름은 특정 요소에 임의의 문자열 형식의 이름 지정을 위한 기능이다.

Table 1. Storage of information for redesign

Information	Storage
Part Type	Part Attribute
Dimension, Location	Expression
Edge, Curve, Sheet Body, Solid Body	Object Name

본 논문에서는 설계 과정 정보를 기록하기에 앞서 각각의 설계 요소에 대한 저장 정보를 구분, 정의 하였는데, 이러한 저장 정보의 구분과 정의는 설계 요소의 생성 및 갱신에 있어서 사용되는 입력 값의 정의이다. 여기서 저장 정보의 구분, 정의에 있어서 저장 정보는 변수명과 변수 값의 쌍으로 이루어진다.

Table 2는 설계 과정 정보의 기록의 예로서 시스템의 일부인 후크 생성 모듈을 대상으로 보여주고 있다. 후크 생성 모듈의 경우 저장되는 정보는 파트 파일의 이름과 파트 파일의 무게, 후크의 내경 등과 같은 정보가 기록된다. Fig. 5는 후크 생성에 있어서 후

Table 2. Information stored in the Hook module

기능 구분	저장 정보	
요소 이름 부여 기능	Part Attribute	
요소 속성 설정 기능	구분	속성 이름
	Part의 이름	HOOK_FILE_PATH
	Part의 무게에 따른 후크의 내경	HOOK_DIA

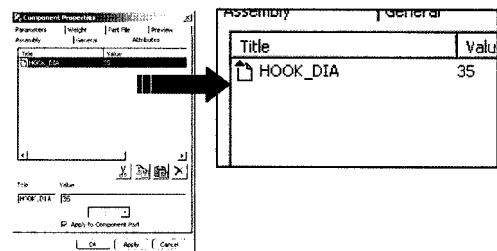


Fig. 5. Attributes for the Hook inner diameter information.

크 생성 요소에 저장되는 속성 값의 예를 Unigraphics 상에서 보여주고 있다.

Fig. 6과 Fig. 7은 금형 설계 시스템의 설계 변경의 대응에 관한 예로서 후크 모듈의 적용을 보여주고 있다. 처음의 블록의 무게에 따라 후크의 파라미터가 자동 업데이트 되고 설계 변경으로 인해 다시 무게에 따라 업데이트가 된다.

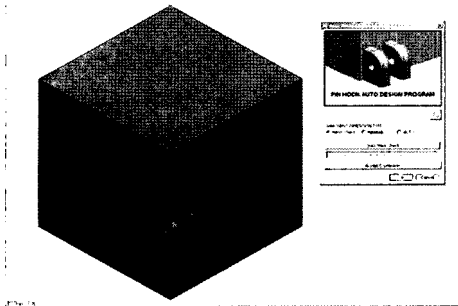


Fig. 6. Initial 1000*1000*1000 block (7831 Kg).

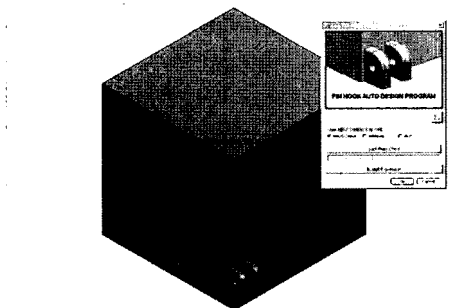


Fig. 7. Updating 2000*2000*2000 block (62645 Kg).

3. 금형 설계 시스템

본 논문에서 제안하는 금형 설계 시스템은 Fig. 8에 나타난 것과 같이 주 구조물을 생성시키기 위한 형상 설계 모듈(Shape Design Module), 주 구조물에 세부적인 형상을 더해 나가는 특징 형상 설계 모듈(Feature Design Module), 표준 부품 라이브러리와 같이 데이터베이스를 기반으로 한 표준 부품 설계 모듈(Standard Part Design Module), 그리고 기타 설계 지원 모듈(Etc Module)로 구성되어 있다. 형상 설계 모듈(Shape Design Module), 특징 형상 설계 모듈(Feature Design Module), 표준 부품 설계 모듈(Standard Part Design Module)의 Toolbar가 Fig. 9에 나타나 있다.

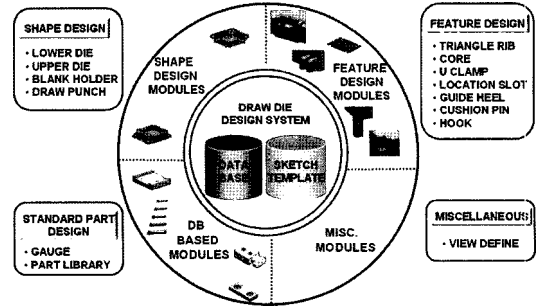


Fig. 8. Components of the die design system.

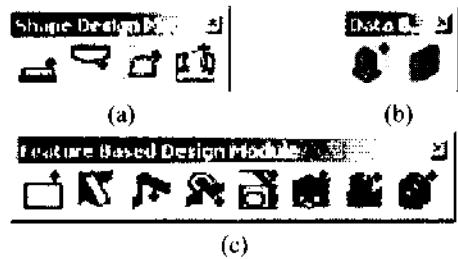


Fig. 9. Toolbars of the die design system: (a) Shape Design, (b) Standard Part Design, (c) Feature Design.

본 시스템의 구체적인 개발 환경은 다음과 같다.

- CAD System : Unigraphics NX
- Development Tool: UG Open/API Toolkit¹¹⁾
- Compiler: Microsoft Visual C++ 6.0
- OS: Windows XP

3.1 Shape Design 그룹

금형의 주 형상부를 설계하는 모듈로서 Table 3과 같이 상형, 하형, 드로우 펀치, 블랭크 홀더에 대한 설계 모듈로 구성되어 있다. Shape Design 그룹 모듈들의 GUI들이 Fig. 10에 나타나 있다.

Table 3. Shape design modules

Icon	Module	Function
	Lower Die	유 클램프 자리부, 주 리브, 보조 리브 생성 및 리브 파라미터 수정기능
	Upper Die	다이 페이스 면, 주 리브, 보조 리브 생성 및 리브 수정 기능
	Draw Punch	펀치의 생성, 웨어 플레이트 좌면 권중 및 생성 기능
	Blank Holder	다이 페이스 면, 보조 리브 생성 기능

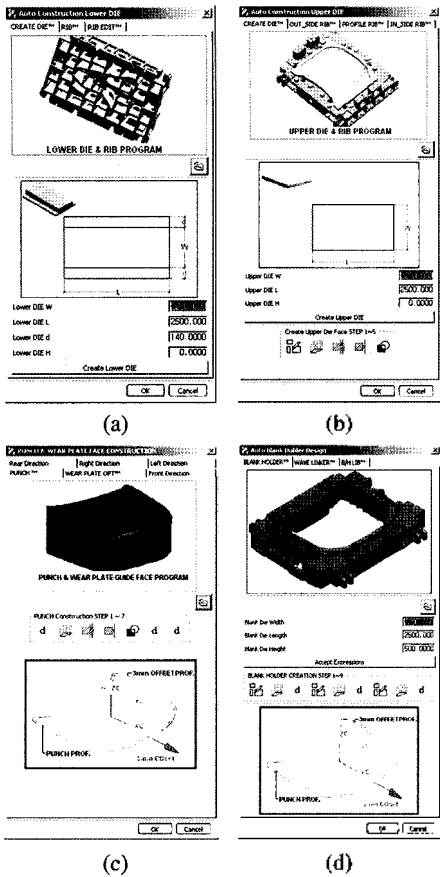


Fig. 10. GUI for the Shape Design modules: (a) Lower Die, (b) Upper Die, (c) Draw Punch, (d) Blank Holder.

Table 4. Feature design modules

Icon	Module	Function
	Cushion Pin	쿠션 핀 혹은 생성의 편의성 제공과 쿠션 핀의 설계 기능
	Triangle Rib	두 가지 타입의 리브 형태 제공, 리브 위치 정보의 입력으로 생성
	Location Slot	슬롯의 위치 정보의 입력으로 로케이션 슬롯 생성
	U Clamp	상형과 하형 두 가지 타입, 클램프의 위치 정보의 입력으로 로케이션 슬롯 생성
	Core	원하는 면에 별도의 스케치 없이 코어가 생성
	Lower Heel	상형과 하형, 코너 힐과 세터힐 타입 제공, 힐의 위치 정보의 입력으로 생성
	Upper Heel	
	Pin Hook	베이스 모델의 업데이트 - 표준 치수에 의한 방법 - 금형의 부가에 의한 방법

3.2 Feature Design 그룹

금형의 특징 형상부를 설계하는 모듈로 Table 4와 같이 쿠션 핀, 삼각 리브, 로케이션 슬롯, 유클램프, 코어, 힐, 후크 생성 모듈로 구성되어 있다. Feature Design 그룹 모듈의 각각의 GUI는 Fig. 11과 같다.

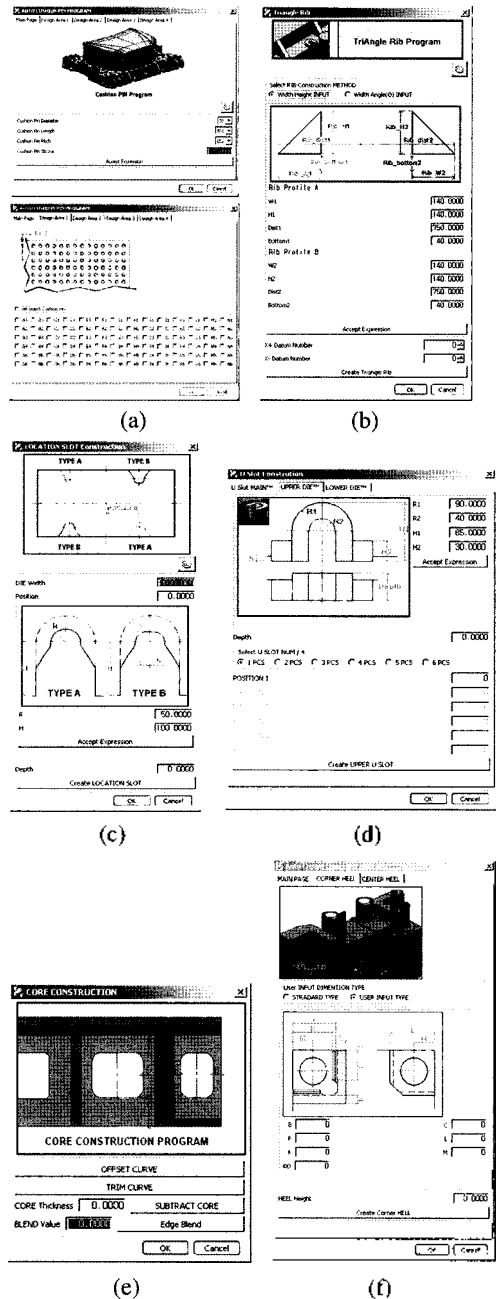


Fig. 11. GUI for the feature design module.

3.3 Standard Part Design 그룹

금형의 표준 부품을 생성하는 모듈로 Table 5와 같이 표준 부품과 게이지 모듈로 구성되어 있다. 표준

Table 5. Standard part design modules

Icon	Module	Function
	Gauge	게이지의 생성 및 좌면 생성 기능
	Standard Part	표준 부품 생성 기능

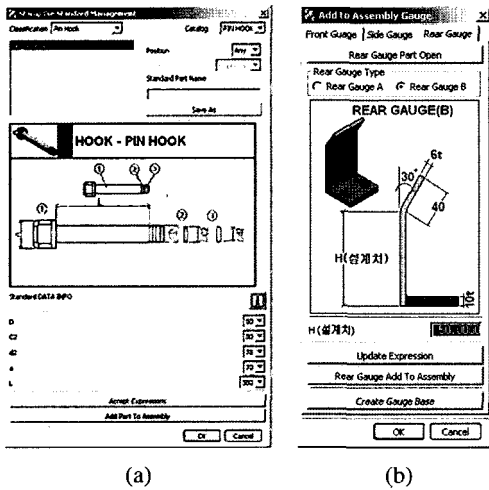


Fig. 12. GUI for the standard part design modules: (a) Standard Parts, (b) Gauge.

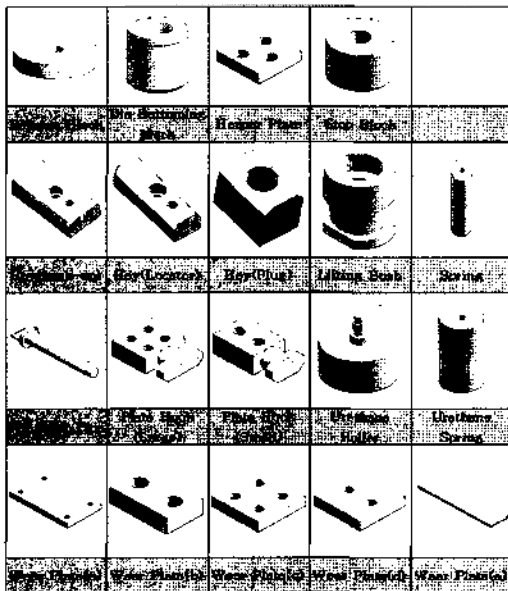


Fig. 13. Solid models in the standard part library.

부품 모듈에서는 각 표준 부품에 대하여 Fig. 12와 같은 GUI를 제공함으로써 손쉽게 부품을 생성시킬 수 있도록 하고 있다. Fig. 13은 본 시스템에서 구축 제공하고 있는 표준 부품 라이브러리의 대표적인 부품들의 예를 보여주고 있다. 이 라이브러리를 사용함으로써 반복적인 설계 작업을 크게 줄일 수 있다.

4. 금형설계 프로세스

본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여 금형 설계를 수행할 때 가이드 라인으로 삼을 수 있는 금형 설계 방법을 설계 전문가의 조언을 받아 구성하고 이를 본 논문에서 제시하고자 한다.

4.1 상형 설계 프로세스

상형은 금형의 하형, 블랭크 홀더와 함께 금형의 기본 구조를 형성한다. 상형에는 중량 감소의 중요한 부분인 주 리브(main rib)와 보조 리브(sub-rib)가 존재하게 되며 또한 유 클램프와 가이드 힐의 자리부 등이 들어간다.

상형 설계를 지원하기 위하여 본 연구에서 개발된 Upper Die 모듈은 주요 기능으로 일반적인 상형 생성, 주 리브와 보조 리브의 자동 생성 및 리브 개수 자동 계산, 다이 페이스면 생성 기능, 리브 간격 사용자 정의 변경 또는 설계 변경 대응 기능 등이 있다.

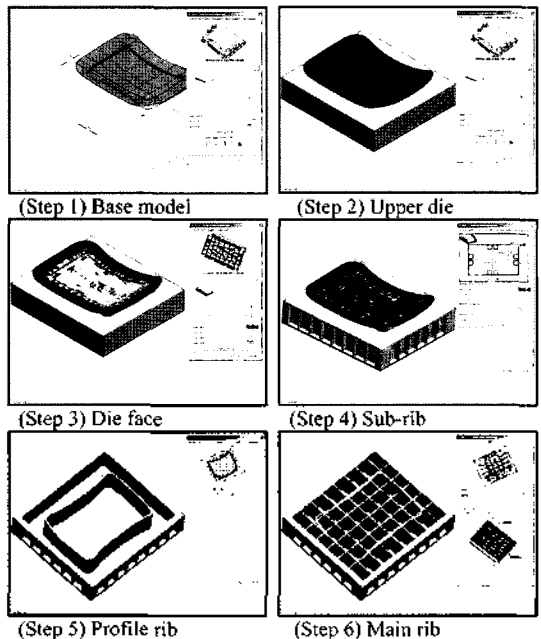


Fig. 14. Upper die design process.

Upper Die 모듈을 이용한 상형의 생성 과정은 Fig. 14에서와 같이 총 여섯 단계로 이루어진다.

- (Step 1) 베이스 모델 데이터베이스에서 상형의 모델을 가져 온다.
- (Step 2) 상형의 제원에 맞게 입력 창에 각각 길이, 너비, 높이 값을 입력하여 상형을 생성시킨다.
- (Step 3) 다이 페이스 면을 생성한다.
- (Step 4) 보조 리브를 생성시킨다.
- (Step 5) 프로파일 리브를 생성시킨다.
- (Step 6) 주 리브의 생성하고 수정이 필요하다면 리브의 간격을 조절한다.

4.2 하형 설계 프로세스

하형은 금형의 펀치와 함께 결합되어 금형의 기본 구조를 형성한다. 하형에는 중량 감소를 위한 주 리브와 보조 리브가 들어가며 또한 유 클램프, 로케이션 슬롯 등의 자리부가 들어간다.

하형 설계를 지원하기 위하여 본 연구에서 개발된 Lower Die 모듈은 주요 기능으로서 일반적인 하형 생성, 리브 자동 생성 및 리브 개수 자동 계산, 리브 위치 재조정, 리브 간격 사용자 정의 변경 또는 설계 변경 대응 기능 등이 있다.

Lower Die 모듈을 이용한 하형의 생성 과정은 Fig. 15에 나타난 것과 같이 총 네 단계로 이루어진다.

- (Step 1) 베이스 모델 데이터 베이스에서 하형의 모델을 가져온다.
- (Step 2) 하형의 제원에 맞게 입력 창에 각각 길이, 너비, 높이 값을 입력시켜 하형을 생성시킨다.
- (Step 3) 리브의 가로와 세로의 간격을 입력하여 리브를 생성시킨다.
- (Step 4) 리브의 곡부 수정을 위해 리브의 간격을 조절한다.

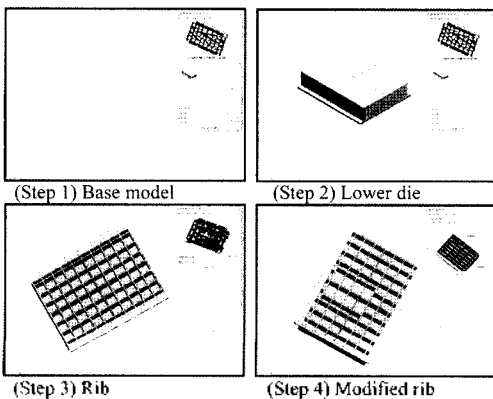


Fig. 15. Lower die design process.

4.3 펀치 설계 프로세스

드로우 펀치는 금형의 하형과 결합하여 금형의 주요부를 구성하는 구조물로서 블랭크 홀드와의 상하로의 움직임을 안내하면서 유효 역할을 하는 웨어 플레이트의 부착면이 만들어진다.

Punch 모듈의 주요 기능으로는 드로우 펀치 생성 기능, 웨어 플레이트 좌면 생성 기능, 웨어 플레이트 좌면 길이 검증 기능 등이 있다. 시스템에 의한 드로우 펀치의 생성 과정은 Fig. 16에서와 같이 총 여덟 단계로 이루어진다.

- (Step 1) 베이스 모델 데이터베이스에서 펀치의 모델을 가져온다.
- (Step 2) 펀치 프로파일을 돌출시킨다(extrude).
- (Step 3) 펀치 프로파일을 안쪽으로 3 mm 오프셋시킨 후 돌출시킨다.
- (Step 4) 제품 모델을 아래 방향으로 50 mm만큼 오프셋시켜 곡면을 생성시킨다.
- (Step 5) 펀치 프로파일의 돌출된 물체(extruded

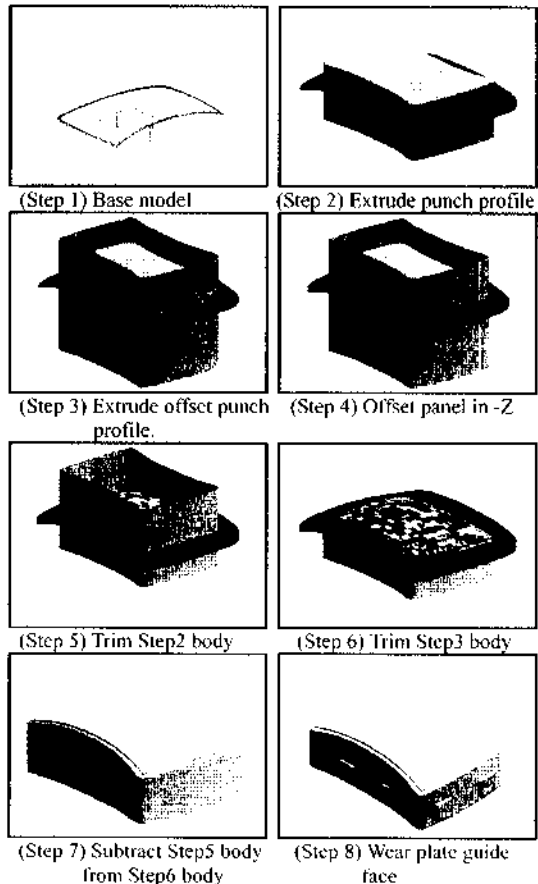


Fig. 16. Punch design process.

body)를 제품 모델로의 트림(trim)한다.

(Step 6) 펀치 옵션 프로파일의 돌출된 물체를 옵션 제품 모델로 트림한다.

(Step 7) Step 5의 결과 물체로부터 step 6의 물체를 뺀다.

(Step 8) 펀치 프로파일의 검증 작업 후 웨어 플레이트이트 좌면을 생성시킨다.

4.4 블랭크 홀더 설계 프로세스

블랭크 홀더는 상형, 하형과 함께 금형을 구성하는 주요 구조물로 펀치와 블랭크 홀더와의 릴리프면이 존재하게 되며 상형과의 가이드를 위해 가이드 힐 등의 자리부가 들어간다. 패널의 위치를 결정하고 판재의 투입 유무를 감지하는 장치로 게이지가 들어간다.

Blank Holder 모듈의 주요 기능으로는 블랭크 홀더 생성 기능, 조립체 상태에서 펀치의 웨어 플레이트 좌면 생성 및 링크(link) 기능, 조립체 상태에서 하형의 쿠션 핀의 스톱 블록 생성 및 링크 기능, 기본 리브 자동 생성 기능 등이 있다.

시스템에 의한 블랭크 홀더의 생성 과정은 Fig. 17에서와 같이 총 네 단계로 이루어진다.

(Step 1) 베이스 모델 데이터베이스에서 블랭크 홀더의 모델을 가져 온다.

(Step 2) 블랭크 홀더의 제원에 맞게 입력 창에 각각 길이, 너비, 높이 값을 입력시킨 후 블랭크 홀더의 외곽선을 생성시킨다.

(Step 3) 보조 리브를 생성시킨 후 블랭크 홀더의 다이 페이스 면 부분을 생성시킨다.

(Step 4) 펀치 구멍을 만들고 다이 페이스 면으로 트림을 한다.

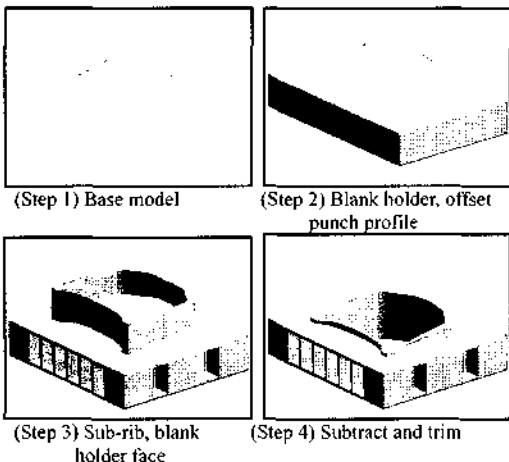


Fig. 17. Blank holder design process.

4.5 특징형상 설계 프로세스

일단 드로우 금형의 주요부인 상형, 하형, 블랭크 홀더의 개략적인 형상이 설계되면 이 위에 각종 세부 특징형상들을 모델링해 넣게 된다. 이들 특징형상을 편리하게 모델링해 줄 수 있도록 본 시스템에서는 Feature Design 그룹의 모듈들을 제공하고 있으며 사용자는 이를 이용하여 세부 금형설계를 수행하게 된다.

특징형상 설계의 한 예로서 U Clamp 모듈을 이용하여 하형에 유 클램프를 생성시키는 과정을 보여주도록 하겠다. 이 모듈의 내부 흐름도는 Fig. 18에 나타난 것과 같으며 이를 이용하여 실제 유 클램프를 대상 모델에 삽입하는 과정은 아래 세 단계로 이루어진다. 유 클램프의 삽입 과정에 대한 그림이 Fig. 19에 나타나 있다.

(Step 1) 유 클램프의 베이스 모델을 읽어 들인다.

(Step 2) 금형의 형상 정보를 입력한다.

(Step 3) 사용자 정의 위치를 입력하면 특징형상이 생성된다.

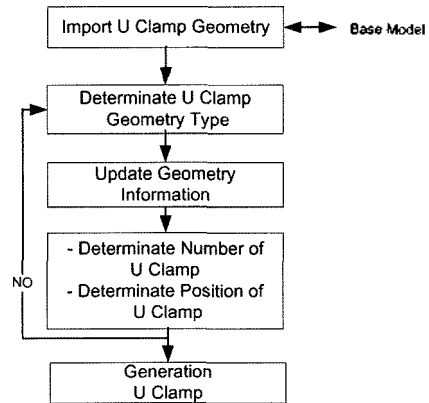


Fig. 18. Process in the U Clamp design module.

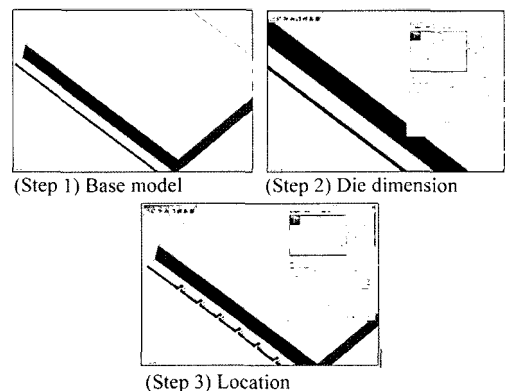


Fig. 19. Application of the U Clamp design module.

5. 적용 예

본 연구에서 개발된 시스템을 이용하여 3장에서 제시한 설계 프로세스를 따라 설계한 예를 보여주도록 하겠다. Fig. 20은 승용차의 펜더(fender) 패널 모델에 대한 금형 설계 결과이다.

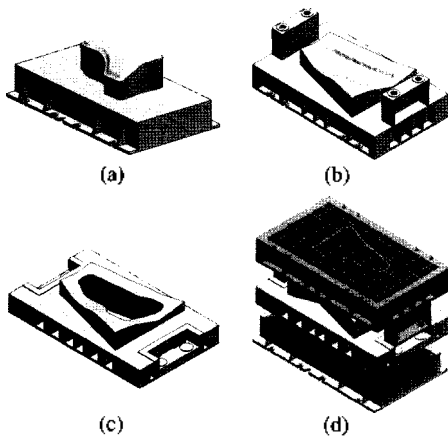


Fig. 20. Case study for a fender panel: (a) lower die, (b) upper die, (c) blank holder, (d) die assembly.

6. 결 론

본 연구에서는 3차원 금형 설계 및 재설계를 용이하게 해주면서 국내 금형 설계 프로세스를 반영한 자체 패널용 금형 설계 전용 CAD 시스템을 Unigraphics를 기반으로 개발하였다. 이 시스템은 3차원 설계를 신속히 지원할 수 있도록 금형 부품에 대한 표준 라이브러리와 설계자의 경험과 설계식이 융합된 각종 설계 편의 기능들을 제공하고 있으며, 나아가 설계 프로세스 모델링 기법을 개발 적용함으로써 금형의 재설계 작업을 용이하게 해주고 있다. 이 시스템을 사용함으로써 3-D 금형 설계의 납기 단축과 보다 균일한 금

형 품질 확보에 도움을 줌으로써 궁극적으로 자동차 개발 기간을 단축시킬 수 있기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 국민대학교 교내연구비를 지원받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. 박종천, "자동차 외판의 금형설계를 위한 CAD시스템", 박사학위논문, 서울대학교, 1993. 2.
2. 박정환, "자동차 프레스 금형의 스티로폼 패턴 가공을 위한 전용 CAM 시스템 개발", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제3권, 제4호, pp. 223-235, 1998.
3. Kim, T.-S., Lee, S.-J. and Lee, S.-K., "A Development of Expert Design System for DRAW DIE in Automotive Industry", PROLAMAT, pp. 843-856, 1998.
4. 김길수, "ObjectARX를 이용한 프레스 금형의 설계 자동화에 관한 연구", 석사학위논문, 건국대학교, 1999. 12.
5. 정효상, "자동차 프레스 금형 자동 설계 지원 시스템", 한국정밀공학회, 제19권, 제8호, pp. 194-202, 2002.
6. 정효상, 이상수, "관계식을 이용한 본네트 금형설계 지원 시스템", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제4호, pp. 233-239, 2002.
7. 박철현, 이성수, "3차원 CAD 라이브러리를 이용한 프레스 금형 부품의 설계", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제9권, 제4호, pp. 373-381, 2004.
8. T-systems International GmbH, VAMOS, <http://www.c3pdm.com/des/products/vamos/index.html>, 2004.
9. Kelton Graphics Pvt Ltd., CADE, <http://www.keltongraphics.com/cade.html>, 2004.
10. UGS, Die Engineering Wizard, http://www.ugs.com/product/nx/tooling/mold/die_eng_wizard.html, 2004.
11. UGS, UG/OPEN API Reference Version NX2, 2004.



이 상 화

2002년 명지대 기계공학과 학사
 2004년 국민대 자동차공학전문대학원 석사
 2004-현재 (주)계영솔루션 KMO.D 팀 전임연구원
 관심분야: CAD/CAM/Simulation System Development

유 승 우



이 상 현

1986년 서울대학교 기계설계학과 학사
 1988년 서울대학교 기계설계학과 석사
 1993년 서울대학교 기계설계학과 박사
 1993년~1995년 산도리코 기술연구소 책임연구원
 1996년 대우 고등기술연구원 선임연구원
 1996년~현재 국민대학교 부교수
 관심분야: CAD/CAM, Human CAD