

Pro/ENGINEER를 이용한 사출금형의 표준부품 및 몰드베이스 자동생성 3D CAD 프로그램 개발

박필주* · 김관우** · 김종원** · 한기범** · 이현철*** · 조해용†

(원고접수일 : 2008년 12월 3일, 원고수정일 : 2009년 3월 17일, 심사완료일 : 2009년 3월 17일)

Development of a 3D CAD Program for Standard Parts and Mold Base of Injection Mold Using Pro/ENGINEER

Pil-Ju Pack* · Kwan-Woo Kim** · Jong-Won Kim** · Ki-Beom Han** ·
Hyeon-Chul Lee*** and Hae-Yong Cho†

Abstract : Automated design system of injection mold was developed in this study. Shapes of mold parts and mold base were defined according to standards of mold components and database modules of mold components were built. And then an automation program of mold design was developed by the user definition features, family table and Pro/Program of Pro/Engineer. The automatic production divided into mold base and standard parts was manipulated to manufacture parts meeting the design requirements and the selected parts were changed in size and shape to meet the design goals. The mold design was also carried out to have organic relations and be easy in case of a change to the mold part or mold base.

As a result, it is possible to design the mold efficiently and conveniently modify the designed mold parts and base by using the developed automated design system in this study.

Key words : 3D CAD(3차원 설계), Injection molding(사출성형), Mold design(금형설계), Pro/Engineer(프로/엔지니어), Standard part(표준부품)

1. 서 론

사출성형은 고분자 재료에 열을 가하여 용융 수지를 만든 후 이를 몰드(mold) 내부에 유압으로

주입시켜 플라스틱 제품을 생산하는 공정으로써 다양한 플라스틱 제품을 저렴한 비용으로 생산할 수 있는 방법이다. 이에 사용되는 사출금형은 형상이 복잡해지고 있는 반면 제작 납기의 단축이 요구되고 있다. 따라서 효율적 설계 및 생산을 위한 3차

† 교신저자(충북대학교 기계공학부/중전기 미래기술개발 연구센터, E-mail:hycho@cbnu.ac.kr, Tel: 043)261-2464)

* LS산전(주) 생산기술센터

** 충북대학원 정밀기계과

*** 두원공과대학 자동차과

원 설계가 필요하다. 3차원 설계는 제품의 설계에서 금형 설계, 해석, 가공까지 모든 데이터들의 연속성이 보장되고 일치하기 때문에 정확한설계가 가능하고 설계변경이 용이해서 금형 분야에서도 3차원 설계 시스템을 적용하는 사례가 급증하고 있다. 그러나 상용 CAD 시스템이 제공하는 기능만을 사용한다면 금형 설계를 효과적으로 수행할 수 없을 뿐 아니라 많은 시간과 비용이 소비된다. 따라서 금형 설계에 적합한 모델링 기능들을 개발하는 연구가 필요하다.

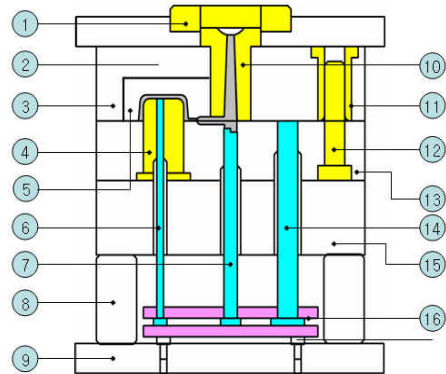
사출금형을 위한 3D CAD 시스템의 개발을 위한 연구로써 Lee 등^[1]은 상용 몰드베이스의 표준규격과 각종 플라스틱 재료에 대한 물성 및 성형 조건들을 데이터베이스화 하였으며 금형 설계 과정을 대부분 CAD화 시켰다. Lee 등^[2]은 UG (Unigraphics) 기반의 사출금형 설계전용 CAD 시스템 개발에 관한 연구를 하였다. Chung 등^[3]은 상용 솔리드 모델러 기반 사출금형 설계 CAD 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 UG V14에 기반을 두고 있으며, UG에서 제공하는 API (Application Programmer's Interface)인 사용자 함수를 이용하여 UG의 일반적인 기능들을 사출금형 설계에 적합하도록 구현하였다. Lee 등^[4]은 몰드베이스와 금형 부품의 라이브러리 구축에 관한 연구를 하였고, Kim 등^[5]은 UG에서 API를 이용한 표준부품들의 데이터베이스 구축 및 사용자의 개입을 최소화하는 사출금형 설계 자동화에 대한 연구를 하였다. Lou 등^[6]은 몰드베이스 설계를 위한 통합 지식기반 시스템의 개발을 통하여 사출금형 설계의 효율성 향상에 대하여 연구하였다. 그러나 대부분 국외에서 개발되어 몰드베이스 및 부품의 규격이 일치되지 않고 사용 환경의 차이가 있어 현장 적용에 많은 문제가 있다.

본 논문에서는 사출금형 설계에서 금형 부품 표준을 기준으로 편집설계 기법을 적용하여 3차원 형상 생성이 가능하도록 하는 금형설계 자동화 프로그램을 개발하였다. 또한 사출금형의 설계과정중에서 표준부품 및 몰드베이스를 자동생성 시킬 수 있으며 Pro/ENGINEER를 이용하여 구현하였다.

2. 사출금형의 구성 및 분류

2.1 사출금형의 구성 및 명칭

Fig. 1은 사출금형의 기본구조를 나타낸 것이다^[7]. 사출금형의 구성은 크게 나누어 몸체부, 수지 유동 주입구, 성형 캐비티부, 온도 조절기구, 제품 취출장치, 금형 개폐 안내부, 성형 기계 부착관 등으로 분류할 수 있다.



No	Name	Standard	Material
1	Locate ring	KSB 4156	S45C
2	Top clamping plate		SM55C
3	Cavity plate	KSB 4151	SM55C
4	Core		
5	Cavity		
6	Ejector pin		
7	Sprue lock pin		STS3
8	Spacer block		SM55C
9	Bottom clamping plate		SM55C
10	Sprue bush	KSB 4157	STD61
11	Guide bush		
12	Guide pin		STB2
13	Core Retainer plate	KSB 4151	SM55C
14	Return pin	KSB 4154	STB2
15	Support plate		SM55C
16	Ejector plate		SM55C

Fig. 1 Structure of injection mold

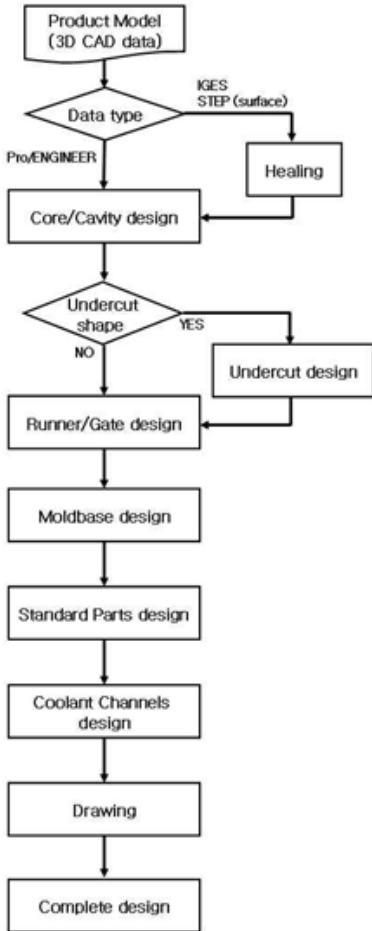


Fig. 2 Process of 3D injection mold design

2.2 사출금형 설계

금형의 설계과정은 다음과 같다.

- 1) 제품 모델을 적정한 부분에 위치시키고 성형 수축율을 적용한다.
- 2) 제품을 둘러싸는 육면체 형상의 가공소재를 생성한다.
- 3) 제품의 품질, 생산성 등을 고려하여 파팅면을 설정하고 이것을 이용하여 코어와 캐비티를 분할한다.
- 4) 분할된 코어와 캐비티에 대해 금형 부품의 가공 가능성과 합리성, 가공시간 등을 고려하여 필요에 따라 적정하게 편 코어 형태로 다시 분할한다.
- 5) 용융된 고분자의 재료의 주입을 위한 스프루, 러너, 게이트 그리고 냉각수 회로를 생성한다.

6) 몰드베이스를 생성한다.

7) 표준부품을 설계 규정에 맞게 생성한다.

3차원 사출금형 설계의 프로세스를 Fig. 2에서 나타내었다.

2.3 몰드베이스의 구조 및 분류

몰드베이스는 금형의 구조에 필요한 부품을 모아 조립한 금형의 본체가 되는 것이며, 캐비티부와 코어부를 구성하는 형판을 비롯하여 각종 플레이트로 구성되어 있다. 사출금형의 구조에서 금형 파팅라인을 기준으로 하여 위쪽을 고정측, 아래쪽을 가동측이라 한다. 분류된 표준 몰드베이스의 종류를 Table 1에 정리하여 나타내었다.

Table 1 Example of mold base

TYPE	Series	
2 Plate type (Side gate mold base)	S	SA, SB, SC, SD
3 Plate type (Side gate mold base)	D/E	DA, DB, DC, DD, EB, EC, ED
	F/G	FA, FC, DA, DC
	H	HA, HB, HV, HD

Fig. 3은 2 플레이트 타입의 구조를 나타낸 것으로 현재 실용되고 있는 사출 성형용 금형의 대부

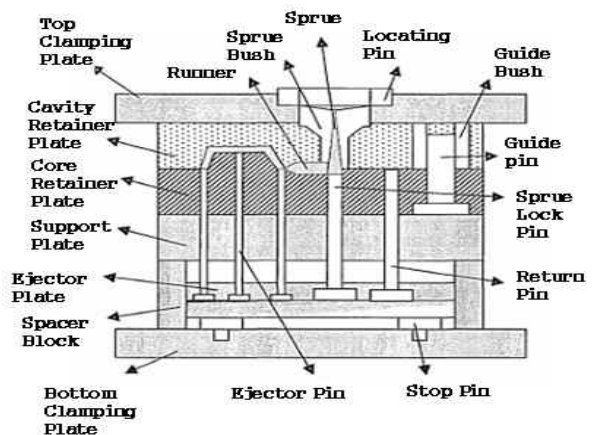


Fig. 3 Structure of two-plate mold

분이 2 플레이트 타입에 속하는 경우가 많고, 러너나 게이트가 금형의 고정 측과 가동 측과의 분할 면 위에 있는 것이 특징이다. 이와 같이 금형의 주요 부분이 고정 측과 가동 측과의 2개 부분으로 이루어져 있기 때문에 2 플레이트 타입이라고 호칭된다^[8].

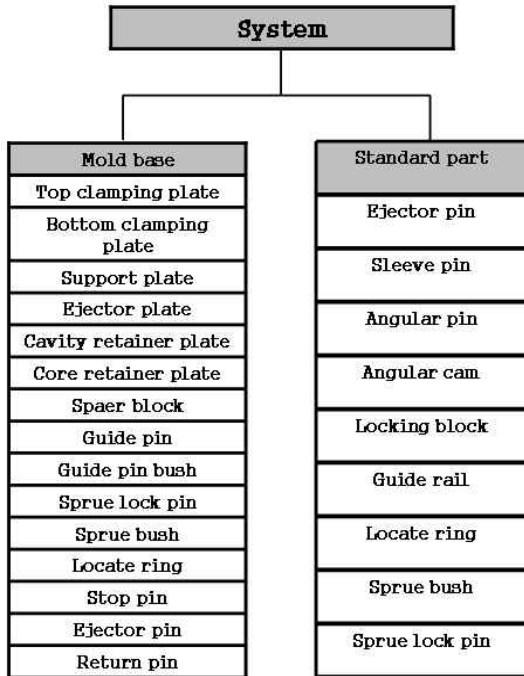


Fig. 4 Classification of standard parts of injection mold

3. 데이터베이스의 구축

본 연구를 수행하기 위해서 먼저 KS에서 사용되는 사출금형의 표준 규격과 실제 제조업체에서 사용되고 있는 FUTABA^[9], MISUMI^[10] 등 몰드베이스 및 표준부품의 규격 사양들을 조사한 다음 이들 공통된 치수들을 표준화하여 데이터베이스를 구축하고 금형 설계 자동화가 이루어지도록 하였다. 금형 설계에 필요한 각종 표준부품 요소들은 단순히 하나의 부품으로서 몰드베이스 모델에 추가된 것이 아니라 서로 상호 연관 관계를 가지고 있다. 따라서 일관된 시스템 구조를 유지하며 각 부품 간의 관계를 유지할 수 있게 된다. 본 시스템에서는

몰드베이스와 표준부품의 자동생성 2가지로 분류하여 UI를 제공하고 있으며, 시스템의 구성에 대한 분류를 Fig. 4에 나타내었다.

4. 프로그램의 적용결과 및 고찰

본 시스템은 표준부품과 몰드베이스를 자동으로 생성하여 주는 것이 목적이고 몰드베이스와 표준부품의 적용 과정을 자동 생성 프로그램으로 구현하였다.

4.1 몰드베이스의 자동 생성

Fig. 5는 몰드베이스 자동 생성 UI(User Interface) 구성을 나타낸 것으로 프로그램을 실행하면 몰드베이스 생성에 필요한 사용자 정의 변수를 지정하기 위한 메뉴가 나타난다.

메뉴의 내용은 몰드베이스 타입, 몰드베이스 크기, 열가소성과 열경화성의 지정, 정가이드와 역가이드의 지정, 이젝터 브래킷 유·무, 스페이스 링의 유·무, 각 플레이트의 두께에 대한 입력 사항이다. 사용자의 선택에 따라 필요한 내용을 대화식으로 표시하여 진행되고 입력된 값에 의해 몰드베이스가 생성되며 몰드 베이스 전체 또는 원하는 부분만 선택하여 수정할 수 있다.

몰드베이스를 생성할 때 프로그램에서 지정된 기본 구조가 생성되며 몰드베이스 적용 후 사용자가 변경하도록 구성하였다. 몰드베이스의 편집기능은 몰드베이스 자동 규칙에 따라 생성된 것을 수정하는 것이다. 몰드베이스 UI에서 수정이 필요한 부분을 선택하면 수정에 필요한 내용을 대화식으로 표시한다. 사용자가 수정할 값을 입력하면 필요한 값을 데이터베이스에서 불러오고, 연관된 플레이트와 표준부품의 형상 및 치수가 변경되게 된다. 금형 설계과정에 있어 중간 또는 작업이 끝난 후에도 제품이나 부품에 대한 형상, 위치, 치수 정보의 변경이 빈번하게 발생한다. 이러한 변경에 즉각적인 대응을 위해 규정된 기준에 따라 연관 관계를 적용하여 각 부품들 간의 연관된 변수에 의해 자동 갱신하도록 하였다.

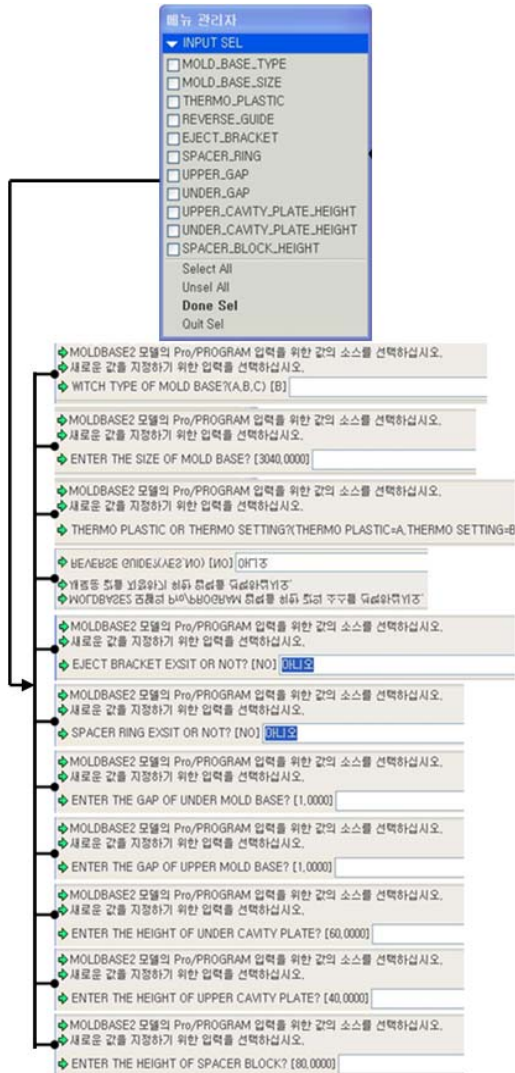


Fig. 5 User interface of mold base

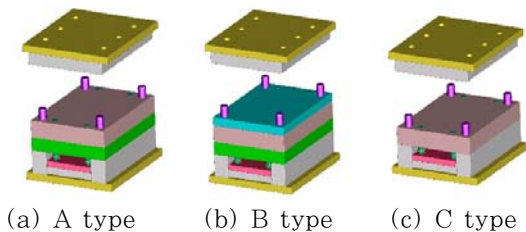


Fig. 6 Aspect of generated mold base type

Fig. 6은 자동생성된 타입별 몰드베이스의 예를 나타낸 것으로 설계자가 규격결정을 위한 변수를

입력하면 조건에 맞는 값을 데이터베이스에서 찾아 연산을 하고 완료되면 업데이트한 후에 형상의 생성을 완료한다. A타입은 이젝터 핀 돌출방식, B타입은 스트리퍼 플레이트 돌출방식, C타입은 A타입과 마찬가지로 이젝터 핀 돌출 방식이나 받침판이 없다.

Fig. 7은 열경화성 금형용 몰드베이스의 자동 생성 예를 나타낸 것이다. 열경화성 금형의 경우 성형온도의 범위가 130℃~180℃ 정도에서 성형 작업을 하게 된다.

열의 전달을 차단하고 금형내부의 일정한 온도 관리를 목적으로 몰드베이스에 단열판이 적용된다. 열가소성 금형용 몰드베이스의 자동생성뿐만 아니라 열경화성 금형용 몰드베이스의 자동생성도 가능하므로, 열경화성 금형의 설계에 대해서도 효율적으로 활용할 수 있을 것이다.

Fig. 8은 가이드 핀의 설치 위치에 대해 정가이드와 역가이드의 자동 생성 예를 나타낸 것이다. 일반적인 설치 위치는 가동측 형판에 가이드 핀이 설치되고 고정측 형판에 가이드 부시가 설치된다. 이를 정가이드라고 한다. 그 반대의 위치 즉 가동측 형판에 가이드 부시가 설치되고 고정측 형판에 가이드 핀이 설치되는 방식을 역가이드라고 한다. 제품의 구조상 역가이드가 필요할 때 적용된다. 일반적으로 이젝터 플레이트의 동작은 성형 사출기의 취출봉으로 전진하고 금형내의 스프링으로 후퇴를 한다. 그러나 스프링의 탄성력보다 더 큰 하중을 필요로 할 때 이젝터 브래킷을 사용한다. 부품의 사용 유·무를 사용자가 선택해주면 자동 생성된다.

Fig. 9는 이젝터 브래킷의 자동생성 예를 나타낸 것이다. 이젝터 플레이트의 밀핀 조립부의 공간 생성 방법은 이젝터 플레이트에 절삭가공으로 조립부의 형상을 가공하는 방법과 스페이스 링을 이용하여 밀핀 조립의 공간을 만들어 주는 방법이 있다. 스페이스 링 적용방법은 강도와 정도를 요구하지 않는 금형에 간편하게 사용할 수 있다.

Fig. 10은 스페이스 링의 자동 생성 예를 나타낸 것이고 플레이트 두께 변경에 따른 자동 생성 예를 Fig. 11에 나타내었다. 사용자의 입력 변수 이외는 몰드베이스 설계 규격에 따라 자동 생성된

다. 몰드베이스에 대한 설계 변경은 시스템이 제공하는 UI를 통해 원하는 형상, 규격, 타입 등 변경이 필요한 부분을 선택하도록 하였다. 그러면 시스템은 데이터베이스에서 해당 데이터를 읽어 들인 후 입력된 조건에 따라 형상을 변화시킨다. 몰드베이스에 연관된 표준부품의 크기에 대해서도 규정된 기준에 따라서 자동으로 변경되도록 하였다. 몰드베이스의 자동생성에서 형상, 규격, 타입 등의 최소한의 기본적인 선택만으로 원하는 형태의 몰드베이스가 생성되는 것을 확인하였다. 따라서 몰드베이스에 대한 자동생성은 형상, 규격, 타입 등의 최소한의 기본적인 선택만으로 원하는 형태의 몰드베이스가 생성 가능 하므로, 금형의 구상 설계에 소요되는 시간을 절약할 수 있을 것이다.

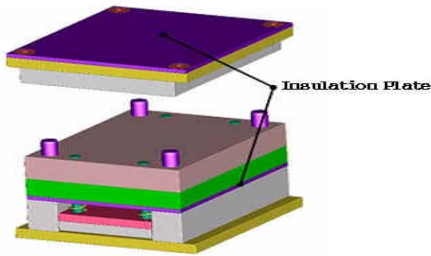
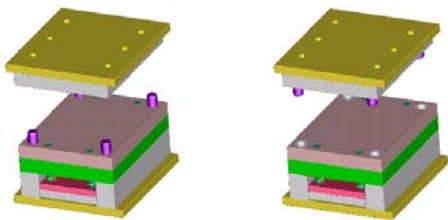


Fig. 7 Aspect of generated thermo setting



(a) Generation of guide (b) Generation of reverse guide

Fig. 8 Aspect of mold base according to guide type

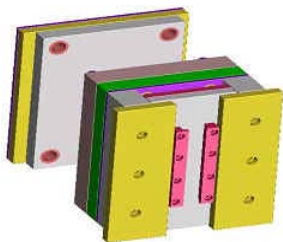


Fig. 9 Aspect of generated ejector bracket

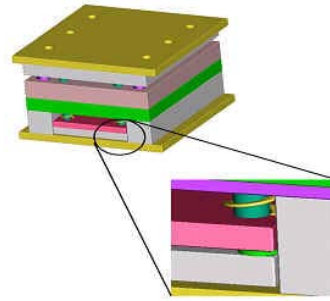


Fig. 10 Aspect of generated spacer ring

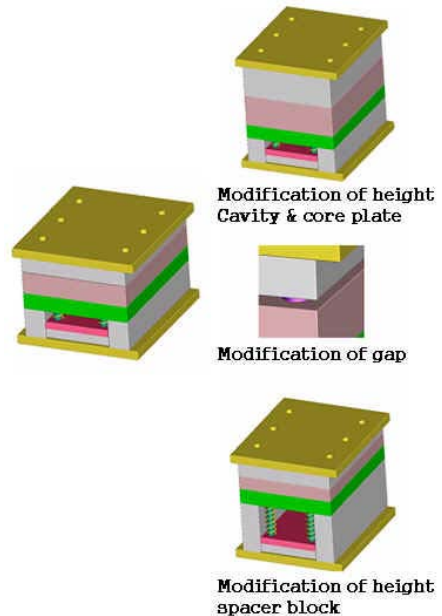


Fig. 11 Modification of height of mold base part by user

4.2 표준부품의 자동 생성

설계자는 시스템이 제공하는 GUI(Graphical User Interface)를 통해 원하는 표준부품의 형상 및 주요치수, 위치 등을 선택한다. 시스템은 표준부품의 데이터베이스에서 정의된 설계 기준에 따라 위치결정 조건을 요구하고 설계자는 설계 의도에 따라 기준이 되는 참조를 지정한다. 위치가 정의 되면 해당 부품의 파일을 열어 부품의 솔리드 모델을 읽어 들인 후 주요치수 값에 따라 형상을 변화시킨다. 시스템은 사용자가 지정한 위치에 부품을 위치시키고 데이터베이스에 지정된 설계기준에 따라

연관된 상대부의 형상을 생성시키게 된다.

Fig. 12는 스프루 부시 부품의 자동 생성 예를 나타낸 것이다. 스프루 부시의 적용을 위해 사용자 정의 피쳐를 선택하면, 스프루 부시에 대한 GUI가 출력된다. 원하는 규격을 선택하고 위치결정을 위한 조건을 설계 의도에 따라 지정한다. 위치가 정의되면 해당 부품의 파일이 부품 규격에 따라 자동 생성이 되고, 설계기준에 따라 연관된 상대부의 형상을 생성시키게 된다.

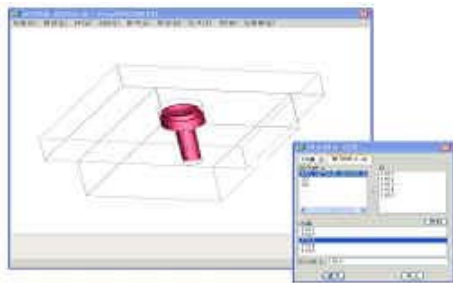


Fig. 12 Automatic generation of sprue bush

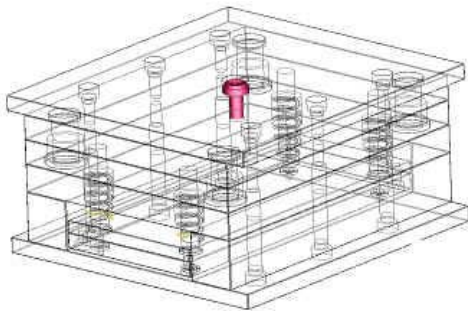


Fig. 13 Aspect of example of sprue bush in the assembly

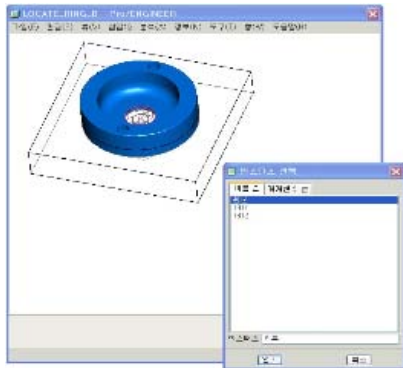


Fig. 14 Automatic generation of locate ring

Fig. 13은 스프루부시 부품이 조립되는 관련부의 형상에 대한 자동생성 예를 나타낸 것이고, Fig. 14는 로케이트 링 부품의 자동 생성 예이며 로케이트 링 부품이 조립되는 관련부의 형상에 대한 자동 생성 예를 Fig. 15에 나타내었다. 앵글러 핀 부품의 자동 생성 예를 Fig. 16에 나타내었다. 앵글러 핀 부품이 조립되는 관련부의 형상에 대한 자동 생성 예를 Fig. 17에 나타내었다. 로킹블록부품의 자동 생성 예를 Fig. 18에 나타내었다. 그리고 로킹블록 부품이 조립되는 관련부의 형상에 대한 자동 생성 예를 Fig. 19에 나타내었다. 나머지 표준부품의 방식도와 동일하며 모델링 작업 시 표준부품의 주요치수를 변수화하여 사용자가 지정한 규격에 따라 부품형상이 바뀔 수 있도록 하였다. 또한 부품에 대한 솔리드 모델뿐만 아니라 부품이 조립되기 위한 상대형상의 생성까지 추가 작업 없이 편리하게 구현됨을 알 수 있다. 표준부품이 조립되기 위한 상대부품의 형상이 자동 생성되는 것을 확인하였다. 따라서 간단한 변수 입력으로 설계변경 및 수정을 할 수 있으므로, 시간과 경비를 절약할 수 있을 것이다.

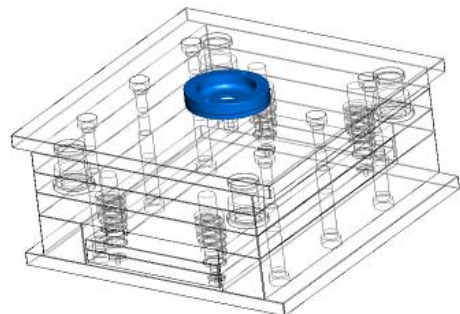


Fig. 15 Aspect of example of locate ring in the assembly

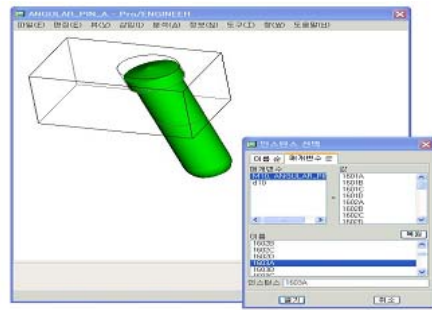


Fig. 16 Automatic generation of angular pin

표준부품의 자동 생성에서 솔리드 모델의 자동 생성과 표준부품이 조립되기 위한 상대부품의 형상이 자동 생성되는 것을 확인할 수 있었다. 앞에 서술한 바와 같이 설계자가 원하는 형태의 금형 부품과 몰드베이스를 자동화시켜 생성할 수 있으므로, 효율적으로 사출금형을 설계 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 사출금형에 사용되는 부품표준을 기준으로 변수를 분류하고, 속성을 정의하여 설계자동화를 위한 데이터베이스를 구축하였다. 따라서 표준부품의 데이터베이스화로 치수결정 등 설계 작업을 효율화시킴으로써 산업현장에서의 활용이 기대된다.

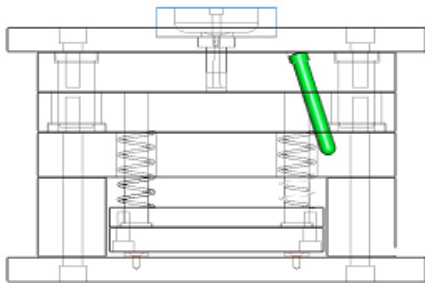


Fig. 17 Aspect of example of angular pin in the assembly

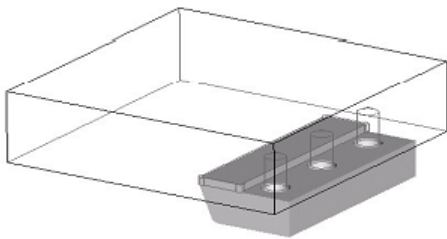


Fig. 18 Automatic generation of locking block

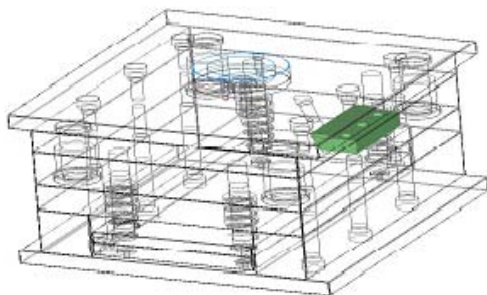


Fig. 19 Aspect of example of locking block in the assembly

5. 결 론

본 논문에서는 Pro/ENGINEER를 이용하여 사출금형 설계를 위한 금형 표준부품 및 몰드베이스 자동 생성을 위한 3차원 CAD 프로그램을 개발하고, 차단기 커버의 생산을 위한 금형 설계에 적용함으로써 그 유용성을 입증할 수 있었다. 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 단품으로 사출금형용 부품을 설계하고 조립하던 과정을 생략할 수 있도록 사출금형의 표준부품 및 몰드베이스 자동생성을 위한 3D CAD 프로그램을 개발하였다.

2. 개발된 3D CAD 프로그램을 이용하여 표준부품에 대한 솔리드 모델의 자동 생성과 표준부품이 조립되기 위한 상대부품의 형상도 자동생성이 가능하다.

3. 몰드베이스에 대한 자동생성은 형상, 규격, 타입 등의 최소한의 기본적인 선택만으로 원하는 형태의 몰드베이스가 생성 가능하므로, 금형의 구상 설계에 소요되는 시간을 절약할 수 있을 것이다.

4. 열가소성 금형용 몰드베이스의 자동생성뿐만 아니라 열경화성 금형용 몰드베이스의 자동생성도 가능하므로, 열경화성 금형의 설계에 대해서도 효율적으로 활용할 수 있을 것이다.

5. 설계자가 원하는 형태의 금형 부품과 몰드베이스를 자동화시켜 생성할 수 있으므로, 효율적으로 사출금형을 설계할 수 있을 것이다.

6. 간단한 변수 입력으로 설계변경 및 수정을 할 수 있으므로, 시간과 경비를 절약할 수 있을 것이다.

7. 사출금형에 사용되는 부품표준을 기준으로 변수를 분류하고, 속성을 정의하여 설계자동화를 위한 데이터베이스를 구축하였다.

8. 표준부품의 데이터베이스화로 치수결정 등 설계 작업을 효율화시킴으로써 산업현장에서의 활용이 기대된다.

후 기

본 논문은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지 자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] 이상헌, 이건우, 고천진, "플라스틱 사출 금형 설계를 위한 CAD 시스템의 개발", 대한기계학회 논문집, 제12권, 제6호, pp. 1227-1237, 1988.
- [2] 이건우 외, "사출 금형 설계전용 CAD 시스템의 개발", 고정밀 사출금형 중소형 CIM, 1차년도 연구 보고서, 1997.
- [3] 정승욱, 정중훈, 정강훈, 이광재, 박성준, 강동화, 변철웅, 허영무, 최정철, "상용 Solid Modeler 기반 사출 금형 설계 CAD System의 개발", 한국CAD/CAM학회 학술 발표회 논문집, pp. 199-203, 1999.
- [4] 이철수, 박광렬, 김용훈, "사출 금형 몰드베이스와 몰드 금형 부품의 3차원 CAD 라이브러리 구축에 관한 연구", 대한산업공학회 제13권, 제2호, pp. 157-165, 2000.
- [5] 김재현, 박정환, 문천식, "Unigraphics API를 이용한 사출 금형의 3차원 설계에 관한 연구", 한국CAD/CAM학회 논문집, 제10권, 제6호, pp. 381-391, 2005.
- [6] Z. Lou, H. Jiang and X. Ruan, "Development of an integrated knowledge-based system for mold-base design", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 150, No. 1-2, pp. 194-199, 2004.
- [7] 연구현, "사출 금형 설계", 형설출판사, 2001.
- [8] 유병렬, "알기쉬운 플라스틱 금형", 성안당.
- [9] (주)기신정기, "FUTABA 몰드베이스", 2005
- [10] (주)한국미스미, "플라스틱 금형용 표준부품", 2006.

저 자 소 개

**박필주(朴弼主)**

1968년생, 2002년도 한밭대학교 기계설계공학과(공학사), 2006년 충북대학교 대학원 정밀기계공학과 졸업(공학석사), 현재 LS산전(주) 생산기술센터 재직

**김관우(金寬佑)**

1974년생, 1997년도 충북대학교 공과대학 정밀기계공학과 졸업(공학사), 2001년 충북대학교 대학원 기계공학과 졸업(공학석사), 현재 충북대학교 정밀기계공학과 박사과정

**김종원(金鍾元)**

1981년생, 2007년도 충북대학교 공과대학 기계공학과 졸업(공학사), 2008년 충북대학교 대학원 기계공학과 석사과정

**한기범(韓起範)**

1982년생, 2007년도 충북대학교 공과대학 기계공학과 졸업(공학사), 2008년 충북대학교 대학원 기계공학과 석사과정

**이현철(李鉉哲)**

1959년생, 1981년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학사), 1987년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학석사), 1993년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학박사) 1994~현재 두원공과대학 자동차과 교수

**조해용(趙海龍)**

1957년생, 1983년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학사), 1985년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학석사), 1991년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학박사), 1993~현재 충북대학교 기계공학부 교수, 2007~현재 중전기 미래 기술 개발 연구센터 연구센터장(산업자원부지정)