

캐드 환경에서 플라스틱 사출 금형 설계 시스템의 개발

조용무*, K.K. Wang**

Development of Plastic Injection Mold Design System on the CAD Environment

Y.M.Cho*, K.K.Wang**

ABSTRACT

In this work, we have been concerned with developing an intelligent mold design system for plastic injection molding on the AutoCAD. We have concentrated on building a viable environment, including a mold parts database and a menu-driven user interface. This provides a more interactive and interface for selection of optimal mold-base and mold parts in mold design system.

This work presents a method which allows the designer to select the mold parts and mold-base directly within an AutoCAD environment. It can also automatically generate detailed 3D drawings of the mold parts and mold-base.

The system shows its potential capability for future enhancement. Since the system is independent of the data, it could easily be extended to other mold-bases and mold parts. In addition, it can be linked to the molding analysis system by creating subtracted 3-D models.

Key Words : mold-base(몰드베이스), AutoCAD(오토캐드), dialog box(대화상자), pull down menu(풀다운 메뉴), DCL(Dialog Control Language), ARX(AutoCAD Runtime Extension), DLL(Dynamic Linked Library)

1. 서론

현재의 플라스틱 사출금형 산업은 제품 모델의 급속한 교체에 따른 금형설계, 금형가공 및 사출성형등을 포함한 사이클 타임의 단축이 요구되고 있다. 또한 금형설계전에 성형해석을 함으로써 성형 후에 발생하는 제품 불량 및

시행착오를 줄여 결과적으로 제품 개발 시간을 단축하고 있는 추세이다¹⁻²⁾. 제품 개발시간을 단축하기 위해서는 설계시간, 성형해석 시간, 부품 가공시간 및 성형 시간 등의 전 공정을 최적으로 제어해야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 필수적으로 사출금형의 CAD/CAM/CAE 시스템이 도입되어야 한다. 또한, 각각의 프로그램이 통합

* 대우공업전문대학 금형설계과
** Cornell University College of Engineering

적으로 이루어지거나 소프트웨어 상호간의 인터페이스가 가능해야 한다. 제품의 모델링이나 설계 등에 초심자도 쉽게 사용할 수 있어야 하며, 프로세스의 처리 속도도 빨라야 한다. 사출금형의 특성이 다품종과 제품 형상의 복잡화로 변화되면서 표준화 작업도 쉽지 않기 때문에 최소한의 설계 시간을 줄이기 위해서는 간편한 치수 입력과 제품 형상의 빠른 이해도 필요하다.

사출금형 설계 및 성형 해석에 대한 연구는 Kamal & Kenig등과 같이 국내외에서 많은 연구자들에 의해 계속 지속되고 있다⁽⁶⁻⁷⁾. 이러한 여러 연구의 결과에는 Moldflow, C-Mold⁽⁸⁻⁹⁾등과 같은 성형해석 프로그램이 개발되게 되었으며, 주로 사출성형 조건에 따른 유동, 냉각 및 변형해석을 통하여 얻어진 결과를 금형설계에 이용되고 있다. 그러나 제품이 복잡한 형상이나 큰 경우에는 모델링하는 시간뿐만 아니라 해석하는 시간이 길다는 어려움을 갖고 있다. 또한 이 프로그램은 자체 설계 시스템을 갖고 있지 않아 설계된 제품 모델을 다시 모델링하여 사용하거나 설계 데이터를 읽어 들여서 사용하고 있다. 이 때 발생하는 예러는 지금도 문제이다. D. Schuder와 S. Caren⁽¹⁰⁾은 설계, 해석 및 가공으로 이어지는 프로그램을 개발하였으나 성형해석을 위하여 CAD에서 변경된 IGES데이터를 읽어 들여 사용할 경우 예러가 발생하는 문제점으로 나타났다. 이러한 문제는 현재 상업용 소프트웨어의 공통적인 문제로, 대부분의 프로그램들이 스탠드얼론 패키지로 만들어져 인터페이스의 문제점을 갖고 있다. 제품의 모델링의 경우 와이어 프레임 모델링 보다 솔리드 모델링을 이용할 경우 제품의 형상 이해 및 다른 데이터 인터페이스등을 포함하는 전체적인 처리 속도는 빠르다고 이미 알려져서, 현재 대부분의 모델링은 솔리드 모델링으로 개발되고 있다⁽¹¹⁻¹²⁾. 이것은 3차원 모델링에서 사용자의 모델링 속도를 빠르게 할 수 있으며, 데이터 사이즈의 크기에 제한을 받았던 PC가 성능이 매우 크게 향상되어 처리속도가 빨라졌기 때문이기도 하다. 그러나 개발된 기존의 몰드베이스 선정에 대한 프로그램들의 대부분이 와이어 프레임을 이용한 모델링 방법을 사용하였으며 주로 워크스테이션에서 운용되는 것이다⁽¹³⁾. 따라서 성형해석, 금형설계 및 금형가공의 각 프로그램이 통합적으로 이루어지거나, 각각의 프로그램간에 인터페이스가 완벽하게 이루어지는 소프트웨어의 개발이 필요하다. 또한, 프로세서의 각 단계에서 설계자가 쉽게 정보를 얻거나 진행되는 상황을 알 수 있는 프로그램이 필요하다. 오토캐드 내에서 사용할 수 있는 프로그램은 오토 리스프

언어를 통해 쉽게 개발할 수 있으나 처리 속도가 떨어지고 확장성이 적어 설계자들의 필요한 데이터만 운영할 수 있도록 하여 사용되고 있다. 대부분의 프로그램들이 대화식이 아닌 키 입력 방식으로 중간 단계에서 설계의 잘못을 알 수 없는 문제점을 갖고 있으며, 2D로 사용되어 복잡한 제품의 형상을 이해하거나 성형해석 프로그램과 인터페이스 할 경우 어려운 점이 있다. 또한 설계 시스템 가격이 비싸고 이것을 운영하는 인력 양성의 어려움으로 중소기업에서는 외면하는 실정이다.

따라서 본 논문은 윈도우 및 오토캐드 환경에서 사출금형 설계, 해석 및 가공을 통합적으로 운용할 수 있는 시스템 개발의 목표로 하고 있으며 그 첫단계로 금형설계 모듈 개발에 관한 것이다. 이 시스템의 개발은 몰드베이스 및 금형 부품의 모델링을 솔리드 모델링으로하고, 프로그램 확장이 가능하도록 C++ 언어를 사용하여 각 부품들을 오토캐드 환경에서 직접 불러 설계를 할 수 있도록 하는 것이다. 또한, 각각의 부품들은 독립적으로 나타낼 수 있게 하고, 몰드베이스 뿐만 아니라 각종 금형 부품을 이에 맞게 데이터 베이스화하는 것이다. 금형 설계자가 각 단계에서 설계 정보를 쉽게 알 수 있도록 대화상자 및 풀다운 메뉴를 이용하도록 하는 것이다. 또한, 각 단계별 선정된 금형 부품들이 화면에 즉시 나타나 설계자가 바로 확인 할 수 있으며, 금형 부품들을 조립 또는 독립적인 2D 도면화 혹은 3D 솔리드 상태로 나타낼 수 있는 설계 시스템 개발에 있다.

2. 프로그램의 구조

전체적인 시스템은 Fig. 1과 같이 사출금형의 통합적인 CAD/CAM/CAE 소프트웨어의 개발을 목표로 금형설계 모듈, 성형해석 모듈 및 가공모듈로 나누어 개발하려고 한다. 이 중 본 논문은 금형설계 모듈에 관한 것이다. 이러한 통합적인 소프트웨어의 핵심은 각각의 모듈과의 완벽한 인터페이스이다. 특히 캐비티 형상에 대한 데이터의 교환이 가장 중요한 사항이 된다. 따라서 본 연구에서는 여러 캐드 시스템 중 중소기업에서 가장 많이 사용되는 오토캐드 환경을 이용하였다. 또한, 주 프로그램은 처리 속도와 추후 금형관리등의 확장성을 고려하여 비주얼 C++를 이용하였다. 통합 소프트웨어에서는 제품도면을 설계와 해석에서 그대로 사용할 수 있도록 하여, 성형해석에서 게이트 수 및 위치가 결정되면 가동측 형판과 고정측 형판에 코어를 인서트 하는 방법을 사용하는 것이

다. 이것은 제품 형상의 코어 인서트는 오토캐드 명령어로 쉽게 할 수 있기 때문이다.

Fig. 2는 프로그램의 전체적인 레이아웃으로 주 프로그램, 외부 파일과 링크 파일로 구성되어 있다. 이중 컴파일 언어인 ARX는 오토캐드 환경에서 좀더 빠르게 오토캐드와 직접 연결할 수 있다. 또한, 이 언어는 오토캐드내 프로그램 안에서 그대로 사용할 수 있으며 좀더 빠른 처리 속도와 효율적인 메모리 저장에 가능하여 다른 프로그램과 동적으로 연결 공유할 수 있기 때문에 사용하였다. 외부 파일은 주로 대화 상자나 이미지 파일로 구성되어 있다. 대화상자는 ADS에서 지원되는 DCL을 이용하여 각 단계별로 대화상자를 나타내는 프로그램을 만들었다. 이 서버 프로그램은 주 프로그램에서 제어할 수 있는 방법을 사용하였다.

Fig. 3은 프로그램의 구조를 나타낸 것이다. 점선 상자에 있는 것이 프로그램을 컴파일에 필요한 파일들을 나타낸 것이다. 주 소스 코드는 소스 파일과 데이터 베이스 파일로 나누었다. 소스파일은 C++의 헤더 파일, ARX 환경을 만들어 주는 파일과 수학적 함수 계산을 하는 파일로 구성되었다. 또한 대화상자의 제어, 솔리드 모델의 생성 및 치수기입등을 포함하고 있다. DCL은 모든 대화상자를 포함한 것으로 텍스트 형태로 만들었다. 여기서는 에러 및 경고 메시지뿐만 아니라 설계에 필요한 각종 정보를 나타낼 수 있도록 하였다. 대화상자 내에 이미지 파일을 연결하여 각종 부품의 형상을 쉽게 이해하는 효과를

주었다. 대화상자 내에 라벨(label)과 키(key)를 사용하여 ARX 프로그램과 접속하였다. 초기 명령어를 풀다운 메뉴를 이용하여 오토캐드 상에서 자유롭게 사용할 수 있도록 오토캐드 초기 화면에 등록하였다.

형판의 두께를 결정하는 문제는 전적으로 경험에 의해 이루어지고 있다. 따라서 초심자에게는 이것이 어려운 경우가 많다. 또한 대부분의 프로그램은 경험 있는 설계자가 직접 정하는 방법을 많이 사용하였다. 본 프로그램에서는 Doring과 Schurmann⁽⁴⁾의 식을 이용하여 형판의 두께를 계산하여 추천하는 방법을 사용하였다. 이 식에 사용되는 허용 변형량은 사용 성형수지의 수축률을 사용하였다. 왜냐하면 형판의 변형량이 수축률보다 작기 때문에 그대로 사용한 것이다.

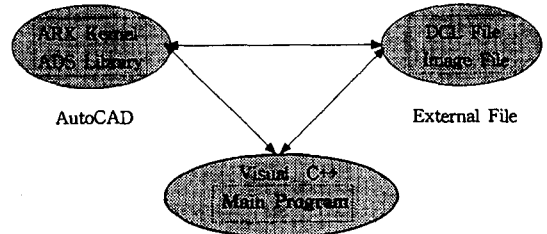


Fig. 2 The layout of plastic injection mold design program.

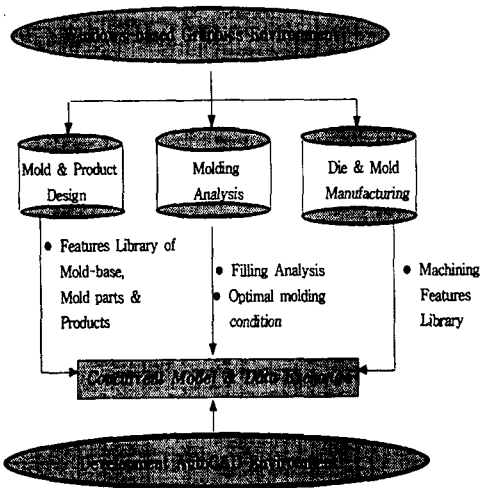


Fig. 1 CAD/CAM/CAE integration of plastic injection mold design.

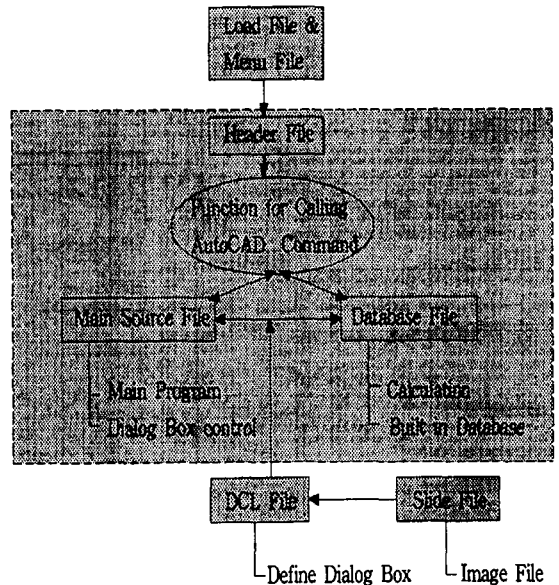


Fig. 3 The program structure of plastic mold design program.

3. 몰드베이스 및 금형부품의 데이터 베이스

일반적으로 금형설계는 제품 형상(캐비티 형상), 몰드 베이스 및 금형부품을 포함한다. 제품 형상 설계의 경우는 금형설계와 분리되어 있는 경우가 많으므로 설계된 3D의 도면을 그대로 금형 설계에 사용하는 것이 유리하다. 왜냐하면 제품의 형상은 복잡하고 다양하기 때문에 이것을 전부 포괄하는 설계 시스템의 개발은 어려움이 있기 때문이다. 다만 이미 도면화 작업이 되어 있는 모델을 성형해석의 모델링 및 설계의 캐비티 형상에 사용하면 모델링 및 설계 시간을 단축할 수 있다. 따라서 제품과 분리하여 몰드베이스와 금형 부품들을 3D로 나타내는데 필요한 각 치수를 데이터 베이스화 하였다.

Fig. 4는 데이터 베이스화한 몰드베이스와 금형 부품에 대한 것이다. 몰드베이스는 세계적으로 가장 많이 사용되는 미국의 DME, 독일의 HASCO 및 일본의 FUTABA 중에서 우선적으로 국내에서 많이 사용되는 FUTABA 규격을 데이터 베이스화 하였다. 몰드 베이스를 규격과 같이 6시리즈로 분류하였고, 각 시리즈에 4개 또는 2개 타입으로 나누어 총 20개 종류에 대한 치수를 데이터 베이스화 하였다. 또한, 형판의 치수에 따라 몰드베이스에 체결되는 가이드 핀, 볼트, 서포트 핀, 리턴핀 및 풀러 볼트 등의 치수 및 좌표를 데이터 베이스화 하였다. 금형 부품으로는 로케이팅, 스프루 부시, 스톱핀 및 이젝터 핀 등에 대해서 데이터 베이스화 하였다. 몰드베이스의 기준 치수는 형판의 치수가 기준이 되나 가이드핀의 위치 치수를 기준으로 하였다. 왜냐하면 캐비티의 크기가 가이드핀의 위치 치수와 관련이 있기 때문이다. 따라서 평면도의 치수들은 가이드 핀의 위치 치수를 기준 하였다. 그렇지만 각 부품의 위치 치수는 부품별로 데이터 베이스화하여 형판 크기가 결정되면 자동적으로 관련된 부품의 치수를 이용하여 좌표로 읽어 올 수 있도록 하였다. 특별히 설계자가 사용하는 규격이 있다면 추가할 수 있도록 하였다.

Fig. 5는 몰드베이스와 금형부품을 선정하는 프로그램의 흐름도를 나타낸 것이다. 일반적으로 몰드베이스 번호는 형판치수와 관계가 있다. 따라서 많은 연구자가 이것을 사용하여 불러내는 방식을 사용하고 있다. 그러나 이 방식은 개략적으로 형판 치수의 크기를 알지 못하면 몰드 베이스 호칭 치수를 결정하기 어렵다. 따라서 캐비티의 전체 치수를 입력하면 자동적으로 계산하여 이에 맞는 형판의 치수를 결정하도록 프로그램을 만들었다. 이에 따라 결정된 형판의 치수에 관련된 각 부품의 치수를 불러와

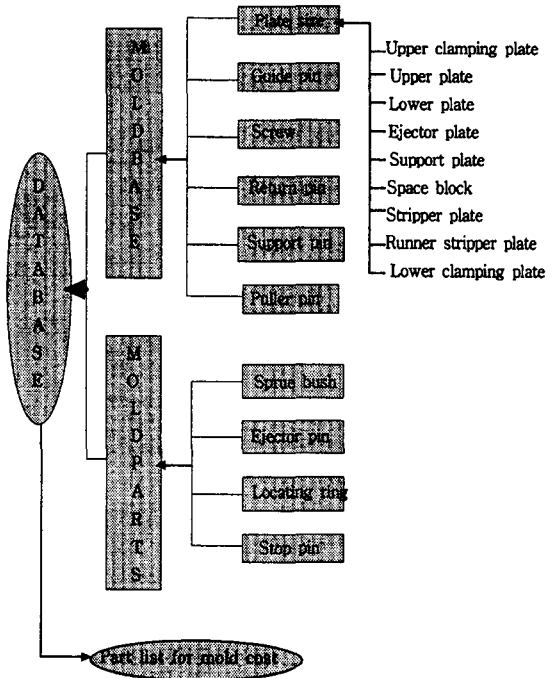


Fig. 4 Database of mold-base and mold parts for mold design

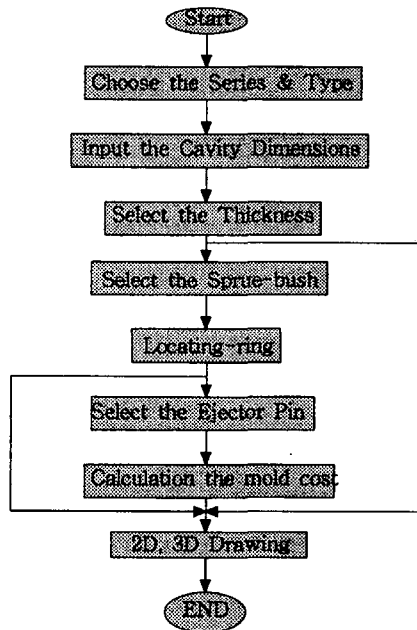


Fig. 5 The main program of plastic mold design program.

사용할 수 있도록 하였다.

Fig. 6은 여러 가지 대화상자중에서 캐비티 사이즈를 결정하는 서브 프로그램의 플로우 차트를 나타낸 것이다. 각각의 대화상자들은 동시에 이미지 파일을 나타낼 수 있으며 풀다운 메뉴 방식에 의한 커서 입력을 원칙으로 하였다. 만들어진 이미지 파일은 오토캐드의 MSLIDE를 사용하여 불러들여 그림 아이콘이나 다이어그램으로 자동적으로 로드될 수 있다. 설계자가 각 단계별로 변경이 있을 경우 callback 기능을 이용하여 전 단계, 다음 단계 또는 도움 등으로 연결할 수 있도록 하였다.

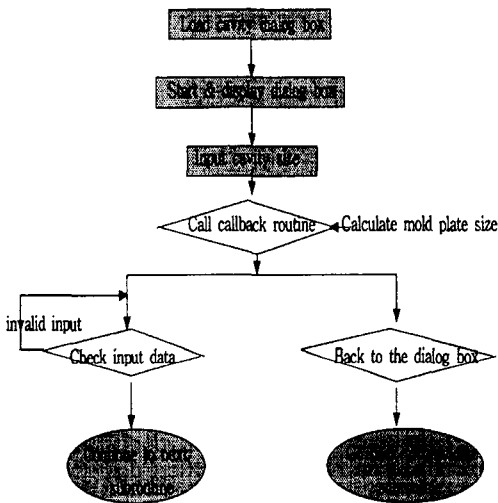


Fig. 6 Dialog box flow chart of cavity selection.

4. 단계별 프로그램의 구조

본 프로그램의 주요 단계는 몰드베이스 선정, 러너 및 게이트 선정 및 금형 부품의 선정으로 3단계로 나누어진 다. 몰드베이스 선정에서는 시리즈 선정, 타입 선정, 형판 크기의 선정, 고정축 및 가동축 형판 두께의 선정, 받침판 두께의 선정, 및 스페이스 블록의 선정의 단계로 구성되었다. 러너 및 게이트의 선정에서는 게이트 타입과 형상 및 러너 형상으로 구성되었다. 금형부품의 선정은 로케이트 링, 스프루 부시 및 이젝터 핀의 선정으로 구성되었다. 여기서는 주요 기능을 갖고 있는 단계를 설명하겠다.

모든 프로그램에서 초기 메뉴는 중요한 역할을 한다. 이 프로그램의 키 포인트는 오토캐드의 초기 메뉴 내에서 사용되도록 하는 것이다. 또한 필요에 따라 설계 메뉴를

추가할 수 있도록 하는 것이다. Fig. 7은 오토캐드내의 초기화면을 나타낸 것이다. 오토캐드의 메인 메뉴와 같이 풀다운 메뉴를 사용하며 추가되는 데이터 베이스에 따라 스크립(script) 파일로 만들어 새로운 메뉴로 등록할 수 있다. 스크립 파일은 텍스트 파일로 만들 수 있어 추후 필요한 메뉴를 추가 할 수 있다. 만약 금형 형상을 모르는 설계자가 있다면 초기 메뉴 파일로 들어가 형상을 확인할 수 있도록 슬라이드 화일을 사용하였다. 이것은 아이콘 방식을 이용하여 접속할 수 있다. 또한 형판의 명칭을 이용하여 필요한 형판을 선택하면 몰드베이스 시리즈를 선정하는 방법을 사용하여 기존의 방식 보다 접근 하기 쉽게 하였다.

대부분 기존의 설계 프로그램의 방식은 형판 크기를 입력하는 방식을 사용하고 있으나 여기서는 캐비티의 크기를 입력하면 이에 맞는 형판 크기를 자동적으로 찾아 치수 데이터에서 읽어 오도록 하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 앞으로 제품 크기와 캐비티 수 및 러너의 길이를 입력하면 자동적으로 형판 크기를 선정할 수 있도록 할 수 있을 것이다. Fig. 8은 형판의 크기를 결정하는 대화상자로 캐비티의 크기를 입력하면 자동적으로 계산하여 최적의 형판 크기를 결정한다. 잘못된 치수가 입력되면 에러 메시지와 함께 추천 사이즈가 나타난다. 이것은 몰드베이스 규격을 알지 못해도 선정이 가능하다. Fig. 9와 같이 사용자가 직접 선정할 수 있으며 캐비티의 크기, 사출압력 및 수축률을 입력하면 형판의 두께를 계산하여 이에 근사한 두께를 추천할 수 있도록 하였다. 만약 금형 구조를 모르면 다른 대화 상자를 불러 자문을 구할 수 있도록 하였다. 이러한 방법은 궁극적으로 설계의 전문가 시스템 개발에 기초가 되는 과정이기도 하다.

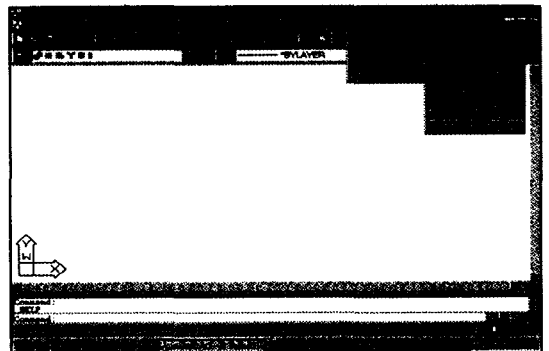


Fig. 7 The main menu of mold design program on the AutoCAD.

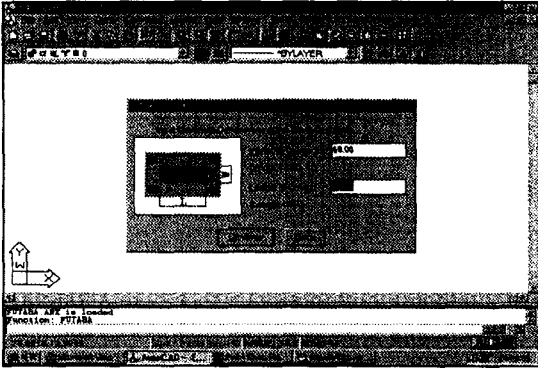


Fig. 8 The dialog for choosing the size of the mold plate.

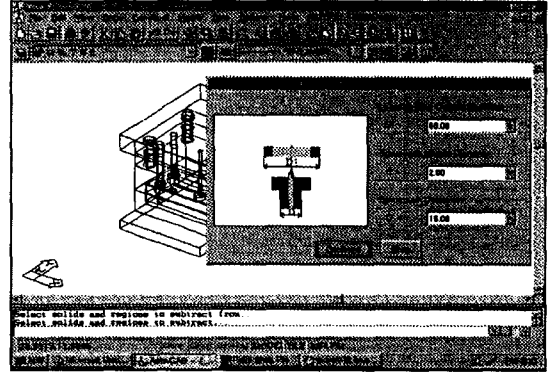


Fig. 10 The dialog for locating ring and sprue bush.

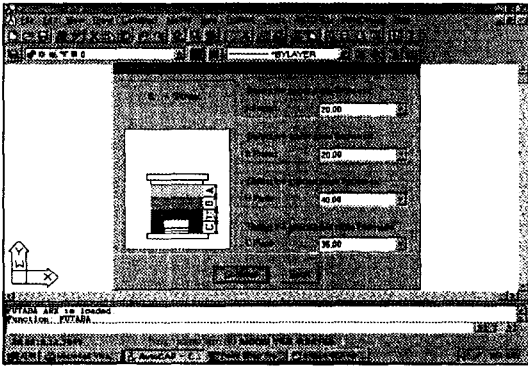


Fig. 9 The dialog for selection of thickness of the mold plate.

금형 부품은 기업이 영세할수록 자체에서 만들어 사용하는 경우가 많다. 이러한 경우를 포함하는 데이터 베이스를 구축하기는 어려움이 있다. 여기서는 표준화가 되어 있는 부품에 대해서 구축하였다. Fig. 10은 로케이트링, 스푸루 부시를 선정하는 대화상자이다. 이때 이미 3D 몰드베이스 형상이 화면에 나타나며 잘못 선정하였으면 다시 할 수 있도록 하였다. 금형 부품에서 로케이트링과 스푸루 부시는 사용될 사출성형기와 깊은 관련이 있으므로 사출기에 대한 지식이 필요하다. 금형설계 전에 사용 사출성형기의 치수를 알 수 있다면 쉽게 로케이트링의 크기를 선정할 수 있다. 스푸루 부시의 역할이 중요성이 증대해서 국내에서도 전문적으로 만드는 제조 업체가 있으며 금형설계자들이 규격에 따라 선정하여 사용하고 있다. 따라서 앞으로 이 부분은 이러한 점이 추가 될 것이다.

이젝터 시스템 설계는 제품 형상에 제약을 받기 때문에 대부분의 몰드베이스 선정 프로그램 같은 경우는 없는 경우도 있다. 이 단계에서 중요한 점은 이젝터 핀의 위치를 결정해 주는 것이다. 이 위치는 처음부터 결정되는 방식

은 안되고 설계자에 의해 정해지는 방식으로 되어야 한다. 본 프로그램에서는 핀의 위치를 설계자가 임의로 정할 수 있도록 하여 제품 형상에 따라 결정하도록 하였다. Fig. 11은 이젝터 핀을 결정하는 대화 상자를 나타낸 것이다. 일반적인 이젝터 핀의 설계는 냉각수 라인을 고려해서 설계하는 것이 이상적이므로 이 대화 상자를 지나갈 수도 있도록 하였고 설계 능력에 따라 사용할 수도 있다. 핀의 수와 치수를 선정하면 위치는 좌표로 입력하거나 마우스를 사용하여 형판에서 클릭하면 자동적으로 좌표 값을 읽어 들여 금형 내부에 인서트 하도록 하였다. 현재는 원형 핀에 대한 데이터 베이스화 했지만 앞으로 다른 종류의 핀도 계속 추가 될 것이다.

금형 도면은 2차원, 3차원, 각 부품이 분리된 형태 및 치수 기입 도면 등과 같이 사용자가 선택하여 출력할 수 있도록 하였다. 이것은 3차원 모델링으로 제품의 형상을 불러 들여 형판에 인서트가 가능하다. 또한 선정된 몰드 베이스와 금형부품의 리스트와 가격도 나타낼 수가 있다

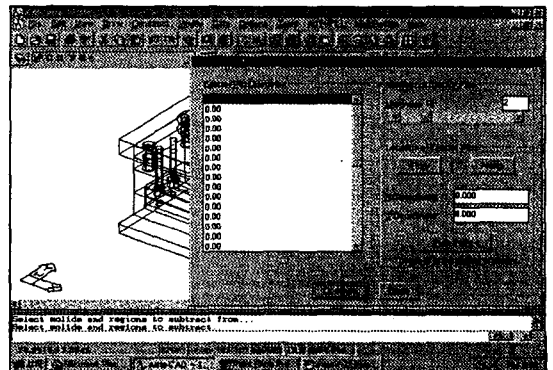


Fig. 11 The dialog for selection of the ejector pin.

록 하였다. Fig. 12는 분리된 금형부품에 대한 도면을 출력한 것으로, 부품을 3차원 솔리드 형상으로 볼 수 있어 설계하는데 쉽게 금형 형상을 이해할 수 있도록 하였다.

냉각수 라인, 슬라이드 코어 및 러너레스 금형의 데이터 베이스가 필요하나 이 부분은 설계자 및 사용되는 금형부품 회사에 따라 다르므로 이에 대한 연구를 계속될 것이다. 또한, 금형 가격은 현재 금형부품 비용만 계산하도록 하였으나 가공비도 포함하여 최종적인 가격이 선정 되도록 추후 연구가 필요하다.

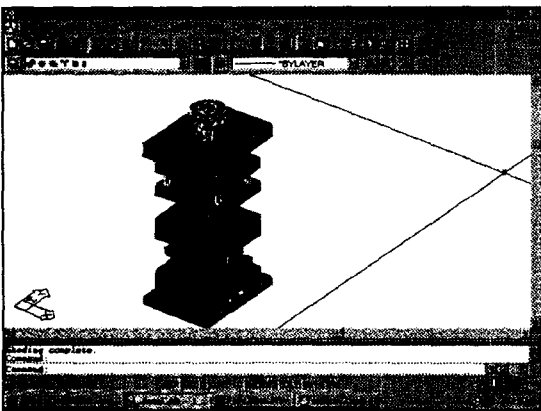


Fig. 12 The 3D output drawing of the mold-base & mold parts.

5. 결 론

본 연구는 오토캐드 상에서 사출금형 설계를 통합적으로 관리하는 전체적인 설계 프로그램을 개발하는데 있으며, 이중 첫 단계로 사출금형 설계에 대한 것이다. 이 프로그램은 비주얼 C++ 언어를 사용해서 오토캐드 메인 모듈에서 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 모델링 방식은 솔리드 모델링으로 하여 몰드베이스와 사출 금형부품에 대하여 데이터 베이스화하여 인터페이스가 가능토록 하였다. 캐비티의 크기를 입력하면 자동적으로 금형 크기를 결정할 수 있으며 풀다운 메뉴를 이용하여 설계자가 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 대화상자를 이용하여 각 부품의 규격을 선정할 수 있으며 각 단계에서 금형 형상이 나타나기 때문에 금형 형상을 쉽게 이해할 수 있다. 선정된 몰드베이스 및 금형 부품의 리스트를 나타낼 수 있으며, 기본적인 금형 가격을 계산하도록 하였다. 또한, 결과 도면은 2차원뿐만 아니라 3차원 솔리드 형상으로 나타낼 수 있다.

앞으로 현재 개발중인 최적 유동해석 모듈과 합쳐서 통합적인 사출설계 및 성형 시스템 개발에 대한 연구가 계속 진행될 예정이다.

참 고 문 헌

1. 프레스와 型技術, (株) 尖端, Vol. 10 No. 9, 1997.
2. Anne Bernhardt, "Benchmarking The Injection Molding Progress for Continuous Improvement", SPE ANTEC, pp. 570 ~ 574, 1995.
3. M. R. Kamal and S. Kenig, Polymer Eng. Sci., 12, 294 ~ 302, 1972.
4. K. K. Wang, S. F. Shen, J. F. Stevenson, C. A. Hieber, and S. C. Chung, "Computer-Aided Injection Molding System", First Process Report, 1975.
5. 이상현, 이건우, 고친진, "플라스틱 사출금형설계를 위한 CAD 시스템의 개발", 대한기계학회 논문집, 제12권, 6호, pp. 966-970, 1988.
6. 조용무, 김재도, 권오재, "사출성형의 충전조건 선정에 관한 연구", 한국정밀공학회지, Vol. 12, No. 3, pp. 110 ~ 118, 1995.
7. 허용정, "사출제품 및 금형의 통합적 설계지원을 위한 지식형 CAD 시스템", 한국정밀공학회지, 제12권, 10호, pp. 32 ~ 39, 1995.
8. Moldflow User's Manual for PC, Moldflow Co. 1992.
9. PC-Mold User's Manual, AC Tech. 1995.
10. D. Schuder and S. Caren, "Mold Design with CAD/CAM/CAE", SPE ANTEC, pp. 1258 ~ 1261, 1989.
11. Noaker, Paula M., "Software for Mirror Image Moldmaking", Manufacturing Engineering, pp. 37 ~ 38, 1994.
12. SolidWorks97, SolidWorks Co., 1997.
13. K. K. Wang, S. F. Shen, C. Cohen, C. A. Hieber, A. I. Isayev and T. Akiyama, "Interactive Mold-Assembly Design", Progress Report No. 7, 1980.
14. Menges and Mohren, "How to Make Injection Molds", pp. 209 ~ 215, 1986.