大韓機械學會論文集 第12卷 第6號, pp. 1227~1237, 1988.

〈論 文〉

플라스틱 사출 금형 설계를 위한 CAD시스템의 개발

이 상 헌* · 이 건 우** · 고 천 진***

(1988년 8월 25일 접수)

An Integrated CAD System for Mold Design in Injection Molding Processes

Sang Hun Lee, Kunwoo Lee and Chun Jin Go

Key Words : CAD(전산기 원용 설계), Mold Design(금형 설계), Injection Molding Process(사출성형), Plastic(플라스틱)

Abstract

A practically useful CAD system for mold design in the plastic injection molding processes has been developed. Even though many efforts have been tried to simulate the injection molding process, this is the first attempt toward an automatic mold design system instead of a manufacturing or a simulation system. In this system the computational routines, the data base for mold design, and the routines for three dimensional modeling are blended together so that the designed mold is obtained as a solid model.For this development, the following problems have been solved. First, the modeling capability of the plastic parts has been implemented by incorporating the modeling routines of a constructive solid geometric modeling system and developing a constant thickness modeling operation. Second, the data base of the plastic material properties and the associated molding conditions, and that of standard mold bases have been established. Third, the experimental know-how and the empirical formulae have been collected and blended together with the modeling routines of a geometric modeling system to provide the high level commands for designing mold.

1. 서 론

플라스틱 기계 부품의 사용과 대량 생산 체제의 필요성이 증가함에 따라 사출 성형은 중요한 제조 과정으로 인식되어 왔으나 그럼에도 불구하고 사출 금형의 설계와 제작은 주로 과거의 경험과 수동적인 작업 과정에 의존해 왔다. 이러한 수동적인 금형 작업을 고찰해 보면 금형 설계 과정이 최종 제품의 형상과 깊은 관계를 가지고 있다는 사실을 발견할 수 있으며, 이것은 CAD분야에서 사용하는 기하학적인 도구를 채택함으로써 금형 설계 과정을 자동화 시킬 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

실제로 금형의 설계 및 제조 과정의 자동화에 관한 연구가 현재까지 추진되어 왔으며, 기존의 몇몇 사출 금형에 대한 CAD/CAM 시스템에서는 다음과 같은 기능들이 제공되고 있다.

- 복잡한 형상의 자유 곡면과 금형 캐비티를 정의하는 기능[1],
- 옵셋 표면(offset surface)을 생성시키는 기능, 즉 금형 캐비티의 외측면으로부터 내측면을 생성시키는 기능,
- NC공구 경로의 계산 기능과 NC 데이터를 NC

* 정회원, 서울대학교 대학원
** 정회원, 서울대학교 공과대학 기계설계학과
*** 신도리코 기술연구소

선반이나 밀링 기계에 전송시키는 기능[1~4],
- 금형의 체적 및 표면적을 계산하는 기능[5],
- 유한 요소 해석법을 사용하여 금형의 강도와 변형을 계산하는 기능[5,6],
- 캐비티 내의 수지의 유동과 금형의 냉각과정을 시뮬레이션 하는 기능[7,8].

본 연구에 의해 개발된 사출 금형 CAD 시스템은 다음 점들에서 기존의 상용 시스템들과 차이를 가지고 있다. 먼저, 대부분의 상용 시스템들은 금형 설계식들을 보유하거나 이를 이용하여 금형의 모델을 생성시키지 않고 적절히 설계된 금형의 모델이 이미 존재한다는 가정하에 응력 해석, 온도 분포, 유동의 해석에 중점을 두고 있으며, 또한 이러한 시스템에서 금형의 모델을 생성시킬 때는 기본 입체(primitive)나 집합 작업(boolean operation)과 같은 기본적인 하위 모델링 명령을 사용하고 있다. 따라서 이들 상용 시스템들은 금형에 대해 계산을 수행하는 데는 적합하나, 단기간내에 유용한 금형을 설계해 내고자 할 때는 큰 도움을 주지 못 한다. 이에 반해 본 시스템에서는 모델링에 필요한 하위 명령들뿐만 아니라 모델링 기능과 계산 기능을 혼합해서 만든 상위 명령, 즉 금형의 캐비티 판과 판 생성 명령, 구배(draft) 부가 명령 등을 제공함으로써 양질의 금형을 단시일내에 설계해 낼 수 있도록 하였다.

본 시스템을 사용하여 금형을 설계할 경우, 설계자는 다음의 단계들에 따라가기만 함으로써 적절한 금형을 설계할 수 있다. 먼저, 첫째 단계에서 설계자는 본 시스템이 제공하는 모델링 명령들을 사용하여 제품의 형상을 3차원 모델로 생성시킨다[9]. 이 단계에서 제공되고 있는 모델링 명령들은 일정 두께 모델링 명령을 제외하고는 대부분의 CSG (constructive solid geometric) 모델링 시스템에서 제공하고 있는 그것들과 유사하며, 여기서 일정 두께를 가진 물체에 대한 모델링 기능은 대부분의 플라스틱 제품이 일정 두께를 가지고 있기 때문에 본 시스템에서 특별히 제공하고 있는 기능이다. 다음 단계에서 제품 형상의 모델은 성형 수축율을 고려하여 본 시스템에 의해 다시 일정 비율 확대되고, 여기에 설계자가 분할선(parting line)을 지정하면 그에 따라 본 시스템은 코어판과 캐비티 판을 자동으로 생성시킨다. 일단 코어 판과 캐비티 판이 생성되면 스프루, 런너, 게이트 그리고 냉각수 회로를 차례대로 설계하여 이를 코어와 캐비티 판들로부터 빼냄으로써 금형을 만들어낸다. 마지막 단계에서 표준 금형 부품들을 본 시스템의 데이터 베이스로부터 차례로 불러 들여 자동 혹은 대화식으로 이들에 대한 모델을 생성, 조합시킨다.

Fig. 1은 본 시스템이 제품의 형상을 모델링하고 그것으로부터 어떻게 금형을 설계하는 지를 설명해 주고 있다. 본 연구의 범위는 Fig. 1의 점선에 의해 둘러 싸인 부분이다. 즉 본 시스템의 모델링 기능을 사용하여 생성시킨 최종제품 형상으로부터 적당한 몰드 베이스와 그에 장착되는 금형판을 설계 생성시키는 작업이다. 수지의 유동 해석과 NC공구 경로의 계산은 개발 중에 있으며 이들과 함께 통합되면 완전한 CAD/CAM 시스템을 Fig. 1에서와 같이 구축할 수 있다.

2. 제품의 모델링

금형의 설계는 만들고자 하는 최종 제품의 형상에 의해서 결정되므로 최종 제품을 모델링하는 방법이 반드시 구비되어야 한다. 이를 위해 본 시스템에서는 3차원 물체에 대한 모델링 기능을 본 연구실의 CSG 시스템의 부 프로그램들을 결합시켜 제공하고 있다. 본 시스템의 모델링 기능은 기본 입체들에 집합 작업을 적용시켜 복잡한 형상을 만

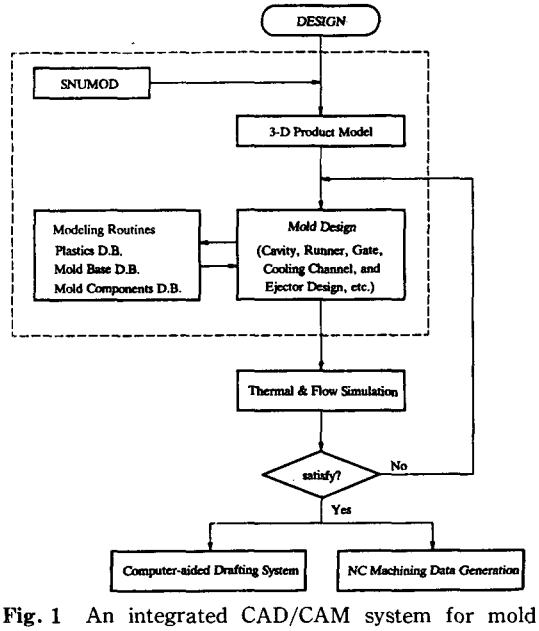


Fig. 1 An integrated CAD/CAM system for mold design

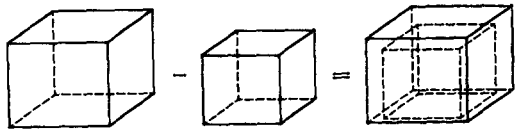


Fig. 2 Constant thickness operation

11010103	ABS-730	0.003	0.006	1.06	80.
11010104	ABS-740	0.004	0.007	1.02	80.
11010105	ABS-750	0.004	0.007	1.04	80.

Fig. 3 Data base of plastics and molding conditions

들어 내는 여타 상용 CSG 시스템의 경우와 유사하며[10,11], 그 외에 본 시스템에서는 일정 두께 형상에 대한 모델링 기능을 제공하고 있는데 이는 대부분의 플라스틱 제품이 일정한 두께는 가지고 있기 때문이다.

일정한 두께의 물체에 대한 모델을 생성시키는 기본 생각은 Fig. 2에서와 같이 원래 물체로부터 그와 같은 형상이면서 크기가 작은 물체를 빼내는 것으로써 그 과정을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

(1) 원래 물체를 복제하여 새로운 물체를 만든다.
(2) 설계자에게 두께를 선택하도록 한다. 만일 몇몇 면들이 다른 두께를 가져야 할 때에는 설계자가 그 면들과 각각에 대한 두께를 지정해 줄 수 있다. 바닥이 열려있는 물체를 생성시키고자 할 때에는 바닥면의 두께를 0으로 지정해 준다.
(3) 새로운 물체의 각 면(face)에 대해 주어진 두께만큼 그 면을 포함하고 있는 곡면(surface)을 후퇴시킨다. 한 곡면을 후퇴시킬 때마다 인접한 면들의 곡면들과 교차시켜 새로운 모서리들을 구하여 이로써 수정된 면의 새로운 경계를 구성하게 한다. 수정된 면의 꼭지점들은 새로운 모서리들을 교차시켜 얻는다.
(4) 형상이 축소 수정된 새로운 물체를 원래의 물체에서 빼낸다.

현재 본 시스템의 일정 두께 생성 기능은 평면, 원통형, 구형 그리고 환형 곡면들로 둘러싸인 물체에 대해서만 가능하다. 만일 교차선을 구하는 부프로그램이 다양하게 개발된다면 일정 두께 모델링 기능은 임의의 형상을 가진 물체에 대해서도 적용할 수 있게 될 것이다.

3. 플라스틱 재료의 데이터 베이스

제품의 용도에 따라 적당한 수지를 선택하고 이를 바탕으로 적절한 금형을 설계하기 위해서는, 재료의 성형 수축율, 열 변형 온도, 비중등과 같은 물성치들을 데이터 베이스내에 저장시켜 놓아야 한다[12,13]. 이에 대한 데이터 베이스의 한 예가 Fig. 3에 소개되어 있다. Fig. 3에서 첫번째 필드(field)는 본 시스템에서 각 수지에 부여하고 있는 8자리 코드(code)이다. 이것의 앞 4자리 수는 수지의 종류를, 다음 두 자리수는 제조 회사, 끝의 두 자리 수는 등급(grade)을 표시하고 있다. 두번째 필드는 수지의 이름, 세번째와 네번째 필드는 성형 수축율의 최대값과 최소값, 다섯번째 필드는 비중, 여섯번째는 금형의 온도를 나타낸다. 본 시스템에서는 6개의 필드만을 사용하고 있으나, 설계자의 필요에 따라 증가시킬 수 있다.

4. 표준몰드 베이스의 모델링

표준 몰드 베이스와 표준 금형 부품들의 각 치수와 형식이 데이터 베이스에 저장되어 있어서[14] 그들로부터 각각의 3차원 모델을 자동으로 생성시킨다. 후에 설계된 코어 판과 캐비티 판은 몰드 베이스의 3차원 모델에 각종 몰드 부품들과 함께 조립된다.

표준 몰드 베이스의 치수와 형식[15,16]들은 Fig. 4(a)에 나타나 있는 인덱스 화일(index file)에 저장되어 있다. Fig. 4(a)에서 각 레코드(record)의 첫번째 필드는 표준 몰드 베이스의 호칭을, 두번째부터 26번째 필드까지는 Fig. 4(b)에 표시되어 있는 모든 치수들이 저장되어 있다. 27번째부터 35번째 필드 까지는 코어판과 캐비티 판의 두께에 대한 표준 범위들이, 그리고 36번째부터 마지막 필드 까지는 다리의 높이에 대한 표준 범위가 저장되어 있어 이들로부터 Fig. 4(b)의 A,B,C의 값들을 설계자가 선택하도록 되어 있다.

그 다음에 본 시스템은 선택된 몰드 베이스의 캐비티판과 코어 판이 충분한 강도를 지니고 있는지를 계산한다. 이를 위해 설계자는 본 시스템에서 제공하는 화면의 메뉴로부터 표준 몰드 베이스내의 캐비티들의 갯수와 배열을 선택한다. 그러면 시스템에서는 몰드 베이스내의 캐비티의 크기를 모든 캐비티들을 둘러싸는 가장 작은 상자의 크기로 가

Title	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	P1	P2	P3	P4	P5	H1	H2	H3	H4	H5	H6	The range of A & B	The range of C
1515	200	150	88	30	120	114	74	58	150	136	57	55	114	114	56	8	10	16	12	6	20	15	30	20	13	15	20 25 30 35 40 50 60 70 80	50 60 70 80
1518	200	150	88	30	120	114	74	58	180	160	67	65	136	134	64	8	10	16	12	6	20	15	30	20	13	15	20 25 30 35 40 50 60 70 80	50 60 70 80

(a)

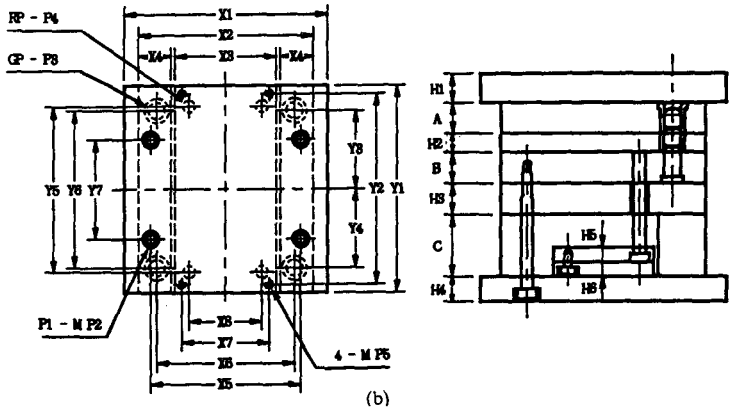


Fig. 4 (a) Indexed data file storing the standard mold bases.
(b) The dimensions defining standard mold base.

정하여, 금형의 강도를 간단한 재료역학 변형 방정식을 사용하여 계산한다[17]. 이러한 가정은 몰드 베이스의 강도에 대해 정확한 해석을 필요로 하지 않는 경우 만족할 만한 결과를 예상할 수 있다. 이 때 몰드 베이스의 강도가 충분하다고 확인되면, 몰드 베이스의 3차원 모델이 모델링 부프로그램을 이용하여 자동으로 생성되고, 그렇지 않으면 다른 몰드 베이스를 선택하도록 설계자에게 요구한다.

표준 금형 부품들에 대한 치수와 형상[15,18,19] 은 몰드 베이스의 경우와 유사하게 각각의 데이터 화일에 저장되어 있다. Fig. 5는 A형 가이드 핀을 저장하고 있는 인덱스 화일을 나타내고 있다. 이 그림에서 첫번째 필드는 가이드 핀의 호칭을, 그리고 나머지는 Fig. 5(b)에 표시되어 있는 가이드 핀의 치수들을 저장하고 있다. 데이터 베이스 내에 지정된 것 외에 금형 부품들의 위치와 길이는 선택된 몰드 베이스의 치수들로부터 유도한다.

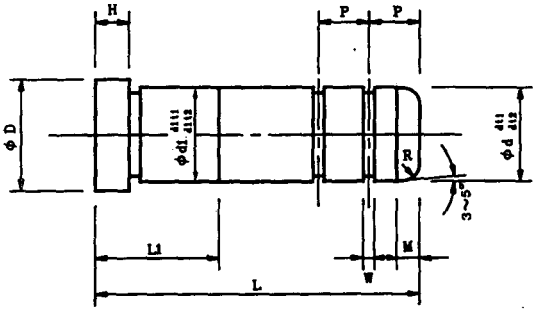
위에서 지정된 값들로부터 금형 부품들의 3차원 모델들은 몰드 베이스의 경우와 마찬가지 방법으로 생성되어 몰드 베이스와 결합하게 된다.

5. 목형의 생성

금형내에 캐비티를 생성시키기 위해서는 금형으로부터 빼내야 할 대상 물체가 필요하다. 이러한

Title	d	dt1	dt2	d1	dit1	dit2	D	H	M	R	W	P
16	16.	-0.016	-0.027	16.	+0.023	+0.012	21.	6.	20.	2.5	3.	16.
20	20.	-0.020	-0.033	20.	+0.028	+0.015	25.	6.	20.	2.5	3.	20.
25	25.	-0.020	-0.033	25.	+0.028	+0.015	30.	8.	20.	2.5	3.	25.
30	30.	-0.020	-0.033	30.	+0.028	+0.015	35.	8.	20.	2.5	3.	30.
35	35.	-0.025	-0.041	35.	+0.033	+0.017	40.	8.	20.	2.5	3.	35.
40	40.	-0.025	-0.041	40.	+0.033	+0.017	45.	10.	20.	2.5	3.	40.
50	50.	-0.025	-0.041	50.	+0.033	+0.017	50.	10.	20.	2.5	3.	50.

(a)



(b)

Fig. 5 (a) Indexed data file for storing guide pins.
(b) The dimensions defining guide pins of type A.

물체를 본 논문에서는 주물에서 사용하는 용어에 따라 목형(pattern)이라 이름지었다. 목형은 수축여유와 빼기 구배(draft)를 고려하여 만들기 때문

에 최종 제품의 형상과는 다르다. 수축 여유는 Fig. 6(a)에서 나타낸 바와 같이 1/(1-수축율) 만큼 최종 제품 형상을 확대시킴으로써 고려될 수 있다. 본 프로그램에서 사용되는 수축율은 플라스틱의 데이터 베이스로부터 얻어지나 제공된 수축율이 합당하지 않을 경우 사용자로 하여금 원하는 수축율을 입력할 수 있도록 하는 것이 바람직 하겠다. 일부 사람들은 주물에서의 목형은 Fig. 6(b)의 방법을 일반적으로 채택하고 있기 때문에[20] Fig. 6(a)와 같은 방법에 대해 다른 견해를 가질 수도 있으나, 이러한 방법이 사출 금형 설계시 사용되는 일반적인 방법이며, 또 경우에 따라서 코어를 수정하는데 편리하기도 하다.

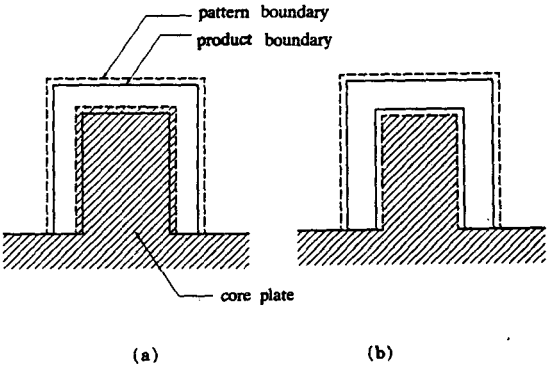


Fig. 6 The pattern for shrinkage allowance
(a) The pattern in injection molding process
(b) The pattern in casting process

목형의 빼기 구배는 제품의 취출을 용이하게 하기 위해 빼내는 방향과 평행인 목형의 각 면들에 대해 인위적으로 주는 경사이다[19]. 목형의 빼기 구배를 주기 위해서는 먼저 분할선(parting line)이 지정되어야 한다. 여기서 분할선이란 금형이 닫혔을 때 코어판과 캐비티판이 서로 맞닿는 분할면의 캐비티쪽 경계선을 뜻한다. 지정된 분할선에 대한 정보는 캐비티 판과 코어 판을 자동 생성시키는 데에도 사용되어 진다. 본 시스템에서는 분할선을 그래픽 터미날 상에서 Fig. 7에 나타난 것과 같이 대화식으로 지정한다.

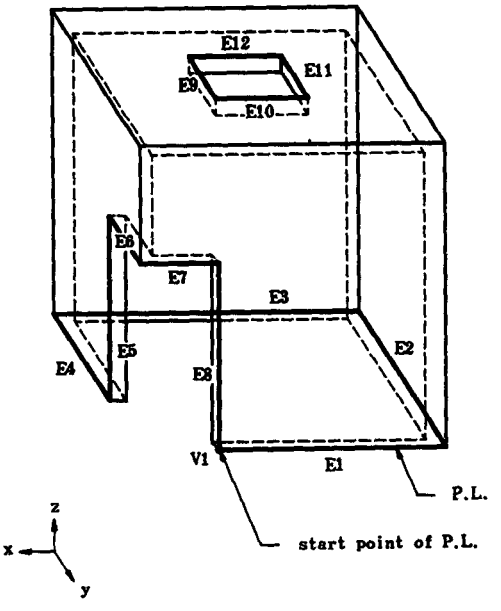


Fig. 7 Selection of the parting lines

분할선을 선택한 다음 설계자는 목형에 구배 작업(draft operation)을 행한다[20]. 구배작업을 위해 설계자는 금형의 개폐 방향과 평행인 각 면들에 대해 기준면과 빼기 구배의 각도를 지정해 준다. 구배 작업의 결과는 Fig. 8에 기준면의 정의와 함께 잘 나타나 있다. 이와 같이 형 개폐방향과 평행인 모든 면에 대해 구배 작업을 행함으로써 목형은 적당한 목형 구배를 갖게된다.

구배 작업의 기본 생각은 다음 단계들에 의해 설명될 수 있다.

(1) 경사를 줄 면의 해당 곡면의 종류와 곡면의 방정식을 확인한다. 만일 해당 곡면이 평면이면 원래 곡면의 방정식을 평면의 법선을 빼기 구배의 각도만큼 회전시켜 얻어지는 곡면의 방정식으로 바꾸고, 만일 곡면이 원통형이나 원뿔형이면 적당한 경사각을 갖는 원뿔형 곡면으로 곡면의 방정식을 수정한다.

(2) 수정된 곡면과 원래 면과 이웃하는 면들의 해당 곡면들간에 교차 곡선을 계산한다. 이 교차 곡선들은 경사진 면의 모서리에 대한 해당 곡선이 된다.

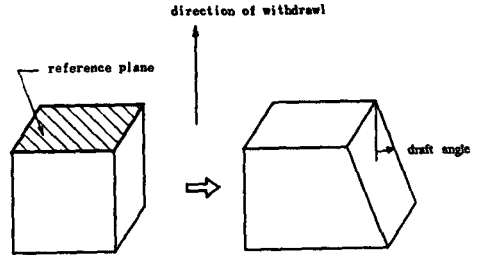


Fig. 8 Draft operation on the pattern

(3) 교차 곡선들간의 교차점들을 계산하여 경사진

면의 모서리 점들의 좌표를 바꾸어 준다.
위의 설명에서 알 수 있는 바와 같이 현재 구배·작업이 적용될 수 있는 면의 형태는 평면형, 원통형, 원뿔형으로 제한되어 있으며, 기타 형태의 면에 대한 확장은 다음의 과제로 남겨 두었다.

6. 캐비티판과 코어판의 생성

캐비티 판과 코어판을 생성시키기 위해서 캐비티 입자와 코어 입자가 목형으로부터 생성되어야 한다. 캐비티 입자들과 코어 입자들은 일체식 금형인 경우 각 금형판과 한 몸체가 되고, 입자식 금형인 경우는 금형판에 박히거나 볼트로 고정되어 캐비티 판과 코어 판을 이루게 된다. 캐비티 입자와 코어

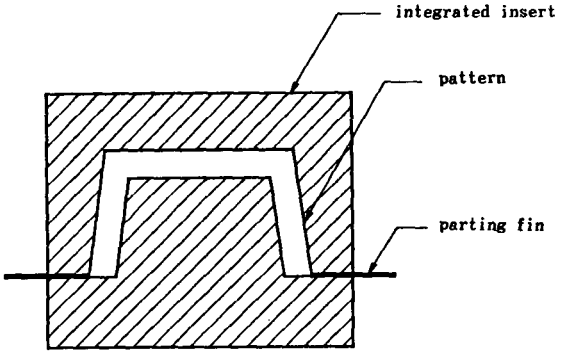


Fig. 9 Procedure for creating core insert and cavity insert

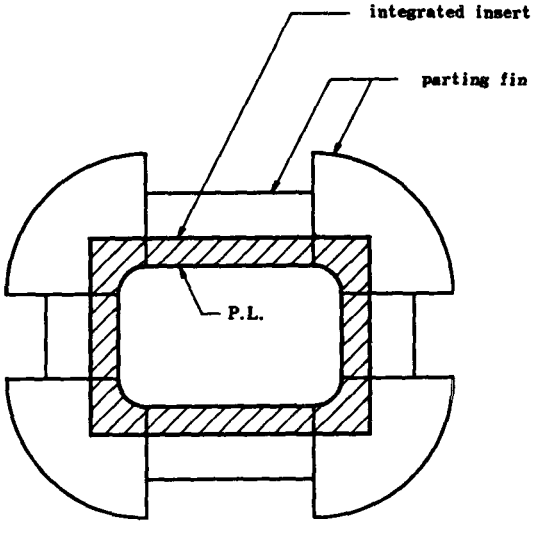


Fig. 10 Principle of generating a partin fin

입자를 생성시키는 과정은 Fig. 9에 잘 나타나 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 캐비티 입자와 코어 입자는 통합 입자로 불리는 상자나 원통형 모델로부터 목형과 분할판을 빼냄으로써 생성시킬 수 있다. 통합 입자의 형상은 입자식 금형의 경우에 제작을 쉽게하기 위해 상자나 원통형 가운데 하나를 선택하도록 되어 있다. 통합 입자의 3차원 모델은 일체식 금형인 경우엔 목형을 간신히 둘러싸는 크기로 만들고, 입자식 금형인 경우엔 코어 입자와 캐비티 입자의 최종 형상을 고려하여 생성되도록 한다.

통합 입자와 목형은 앞의 설명에서와 같이 생성될 수 있으므로 이제 분할판을 생성시키는 방법에 대해 설명하도록 하겠다. 분할판을 생성시키는 기본 생각은 Fig. 10에 설명되어 있는 바와 같다. 여기서 Fig. 10은 형의 개폐 방향에서 본 통합 입자의 모습이며, 구멍 부분의 경계를 나타내는 굵은선이 분할선이다. 그림에서 나타난 바와 같이 각 분할선을 통합입자를 잘라 낼 수 있을 만큼 충분히 바깥 방향으로 확장을 시킨다음, 여기서 생성된 면을 형 개폐 방향으로 약간의 길이만큼 직선이동(sweep)을 시켜서 분할판이라 부르는 3차원 입체를 만든다. 이렇게 분할선상의 각 모서리들에 대해서 얻어진 모든 분할판들을 통합(union) 시켜서 통합된 분할판을 만든다. 분할판은 후에 캐비티 입자와 코어 입자를 만들기 위해 2개의 입체간에 빼기 작업(subtraction)을 수행해야 하기 때문에 판(sheet)이 아닌 약간의 두께를 가진 입체로 모델링하였다. 분할판의 두께는 금형의 소정 오차보다 작은 값을 선택하여 금형 모델의 정도에 영향을 끼치지 않도록 하는데, 본 시스템에서는 10^{-6}모델링 단위를 사용하였다.

Fig. 7에서 나타난 바와 같이 구멍을 가지고 있는 목형에 대해서는 구멍 부위에 코어 입자와 캐비티 입자를 분리시켜줄 또다른 분할판을 생성시켜야 한다. 이 경우의 분할판은 구멍 형상과 일치하는 판(sheet)을 생성시킨 다음 이를 판의 법선 방향으로 10^{-6}모델링 단위의 두께만큼 직선 이동시켜 얻어낸다.

현재의 본 시스템에서는 직선과 원호로 이루어진 분할선에 대해서만이 자동적으로 분할판들을 생성시켜 주고 있다. 그러나 본 시스템은 계단이 진 분할면을 취급할 수 있으며, 또한 Fig. 11에서 처럼 과도한 분할판이 코어 부분을 손상시키는 경우도

해결할 수가 있다.

이 경우 적절한 통합 분할판을 다음의 단계들로부터 얻어질 수 있다.

(1) 목형과 통합 분할판을 통합(union)시킨다. 이해를 돕기 위해 통합 분할판을 Fig. 12(a)에 빗금으로 표시하였다.

(2) (1)의 단계에서 생성된 입체로부터 목형을 빼낸다.

(3) 빼낸 결과가 하나의 입체이면 그 자체가 바로 적절한 통합 분할판이고, 만일 빼낸 결과가 여러 개의 입체들이면〔예를 들면 Fig. 12(b)의 입체 A와 B〕 분할선을 포함하는 입체가 적절한 통합 분할판이 된다〔예를 들면 Fig. 12(b)의 입체 A〕.

일단 코어 입자와 캐비티 입자가 만들어지면 설계자는 입자들의 위치를 각각 지정하고, 이에 따라 이들 입자들을 코어 판과 캐비티 판에 적절히 배열시킨다. 캐비티 판과 코어 판을 생성시키는 과정은 다음의 단계들과 Fig. 13에 설명되어 있다.

(1) 원래의 통합 입자 그리고 코어 입자와 캐비티 입자를 설계자가 지정한 캐비티의 갯수와 배열에 따라 복제하여 그 위치에 갖다 놓는다.

(2) 원래의 통합 입자를 캐비티 판과 코어 판에서 빼낸다.

(3) 금형판이 일체식인 경우에는 코어 입자들과 캐비티 입자들은 코어판과 캐비티 판에 각각 통합(union)되고, 입자식 금형판에서는 날밑식인 경우는 그대로 두고, 볼트 체결식인 경우는 볼트와 볼트 구멍을 모델링하도록 한다.

7. 게이트의 설계

게이트는 용융된 수지가 런너에서 게이트로 들어가는 통로로서, 이는 수지가 캐비티에 채워지는 과정에 중대한 영향을 준다. 게이트를 설계하는 데는 게이트들의 갯수, 형식, 위치 그리고 크기를 결정하는 과정이 포함된다. 본 시스템에서는 설계자가 게이트의 갯수, 형식, 위치들을 지정해 주면 적절한 게이트의 크기를 경험식들을 사용하여 계산한 다음[16], 게이트의 3차원 모델을 생성시켜 주고, 이들을 코어 판과 캐비티 판에서 빼내 주도록 하다. 현재 게이트의 크기를 계산하고 모델링해 주는 기능은 오버랩 게이트(overlap gate)에 한정되어 있다. 오버랩 게이트의 형상과 계산되어야 할 치수

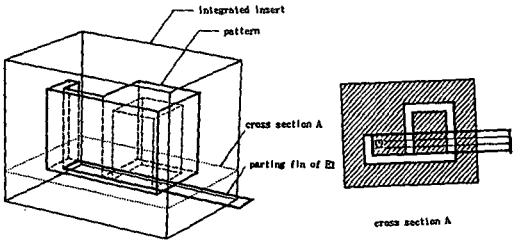


Fig. 11 Case where an excessive parting fin causes a trouble

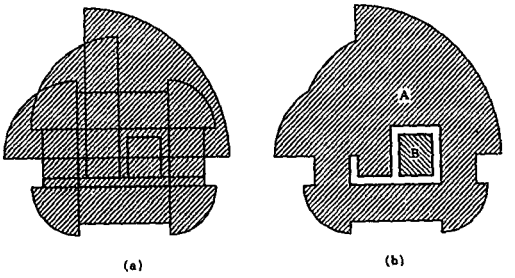


Fig. 12 Procedure for solving a excessive parting fin problem

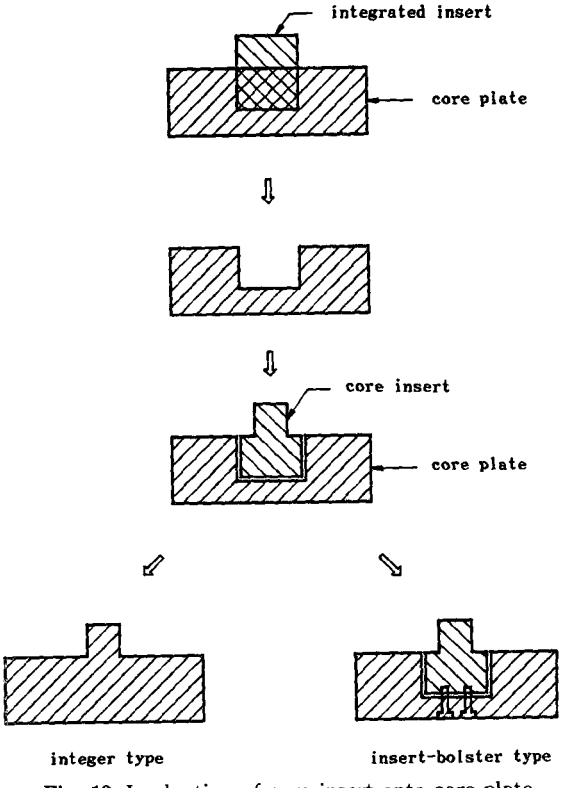


Fig. 13 Implanting of core insert onto core plate

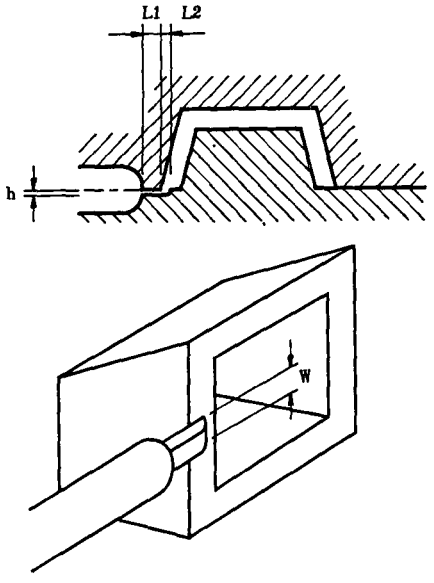


Fig. 14 Overlap gate and its dimensions

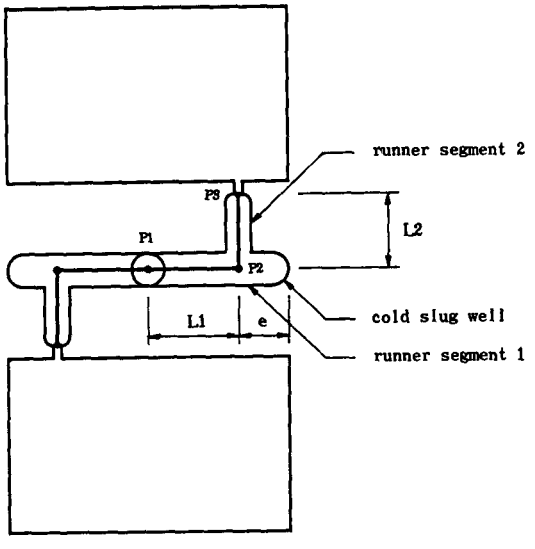


Fig. 15 Runner layout and cold slug well

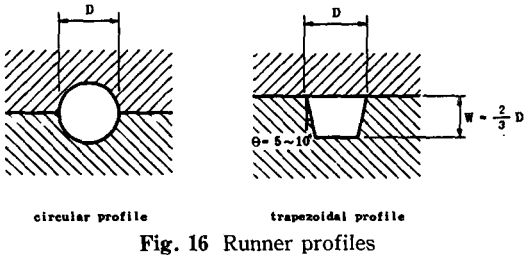


Fig. 16 Runner profiles

는 Fig. 14에 나타나 있다. 만일 본 시스템이 수지의 유동에 대한 시뮬레이션 프로그램을 구비하게 되면, 설계된 게이트들을 시뮬레이션의 결과를 근거로 수정할 수 있을 것이다.

8. 런너의 설계

런너는 스프루에서 게이트까지 용융된 수지가 흐르는 통로이다. 런너의 설계는 런너의 배열, 런너의 단면 형상, 그리고 런너의 크기를 결정하는 과정을 포함한다. 런너의 배열은 화면상에서 주런너와 보조런너의 시작점과 끝점을 대화식으로 지적해 준다. 그 다음 주어진 런너의 배열로부터 런너의 방향이 바뀌는 곳에는 콜드 슬러그 웰(cold slug well)에 대한 길이를 고려하여 런너의 길이를 계산한다. Fig. 15에서 런너에 대한 시작점과 끝점이 P1, P2, 그리고 P3로 표시되어 있으며, e는 본 시스템에 의해 결정된 콜드 슬러그 웰의 길이를 나타내고 있다. 런너의 단면 형상은 Fig. 16에 나타난 원형 또는 사다리꼴 단면 가운데에서 설계자가 선택하도록 되어 있는데 이는 이 두가지 형태가 가장 일반적으로 사용되고 있기 때문이다. 각 형상의 런너의 단면의 크기는 경험식에 의해 계산된 다음[17], 금형 제작 업체의 표준 공구에 맞도록 수정된다. 각 런너들간의 압력 강하에 대한 균형을 고려하여 앞서 설계된 런너의 단면 크기를 수정하는 것은 다음의 과제로 남겨 두었다.

일단 런너의 배열, 단면 형상, 그리고 런너의 크기가 결정되면 런너 시스템에 대한 3차원 모델이 게이트의 경우와 마찬가지 방법으로 생성된다. 그 다음 이3차원 모델을 코어판과 캐비티 판에서 빼내도록 한다.

9. 냉각수 회로의 설계

본 시스템에서는 냉각수 회로를 마치 금형에 냉각홈을 뚫을 때와 같은 효과가 나도록 구멍을 생성시킨다. 이들은 본 프로그램의 상위 모델링 기능의 하나인 드릴링 작업(drilling operation)을 통해 모델링된다. 설계자가 구멍을 생성시킬 때 본 시스템에서는 구멍의 총 표면적을 계산하여 그것을 경험식에 의해 구해진 소요 전열 면적과 비교한다. 그 결과를 바탕으로 설계자는 냉각홈의 직경과 갯수를 조정할 수 있으며, 따라서 적절한 냉각 시스템이

대화식으로 설계될 수 있도록 하였다. 여기서 보다 복잡한 냉각 시스템은 다음의 과제로 남겨 두었다.

10. 이젝터 기구의 설계

이젝터 기구는 성형품을 금형으로부터 밀어서 빼내는 데 필요하다. 실제에선 이젝터 핀(ejector pin)외에 이젝터 슬리이브 나 스트립퍼플레이트 등도 사용되고 있으나 본 연구에서는 이젝터 핀에 국한시켰다. 이젝터 핀에 대한 3차원 모델을 생성시키기 위해서 설계자는 각 이젝터 핀들의 위치와 크기를 지정해 주어야 한다. 그러면 본 시스템에서는 주어진 이젝터 핀의 호칭치수를 사용하여 이젝터 핀의 데이터 베이스로부터 Fig. 17에 나타난 D,H, 그리고 d의 값을 읽어 들이고, 각 이젝터 핀의 적절한 길이를 계산한다. 이젝터 핀을 적당한 길이로 잘라내는 과정은 Fig. 18에서 나타난 바와 같이 충분히 긴 이젝터 핀으로부터 캐비티판과 목형을 빼냄으로써 구해진다.

일단 모든 이젝터 핀들이 모델링 되면, 그에 대응하는 핀 구멍들이 금형내에 생성되어야 한다. 이를 위해서 이젝터 핀 구멍들의 모델을 생성시킨 다음, 이들을 몰드 베이스로부터 빼내야 한다. Fig. 19는 Fig. 17의 이젝터 핀들에 대응하는 이젝터 핀 구멍을 나타낸 것으로 여기서 S의 값은 10~15mm 이다.

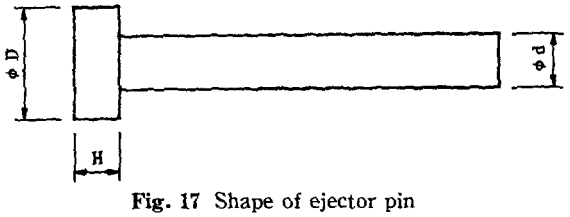


Fig. 17 Shape of ejector pin

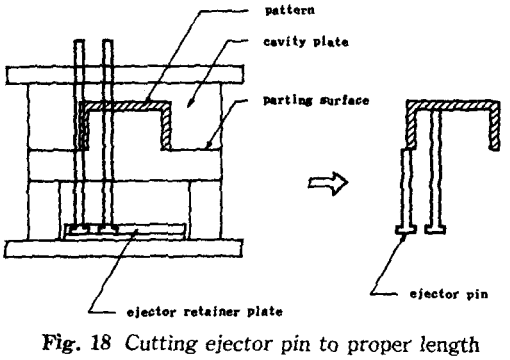


Fig. 18 *Cutting ejector pin to proper length*

11. 응용 예

본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여 Fig. 20에 나타난 그래픽 입력 장비의 하나인 마우스의 뚜껑에 대한 금형을 설계해 보았다. Fig. 20에 나타난 바와 같이 라운딩(rounding or blending)과 일

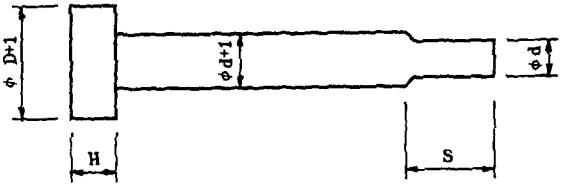


Fig. 19 Ejector pin hole(mm)

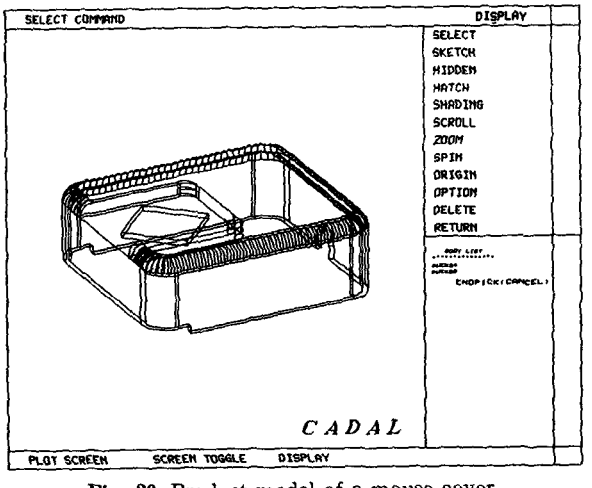


Fig. 20 Product model of a mouse cover

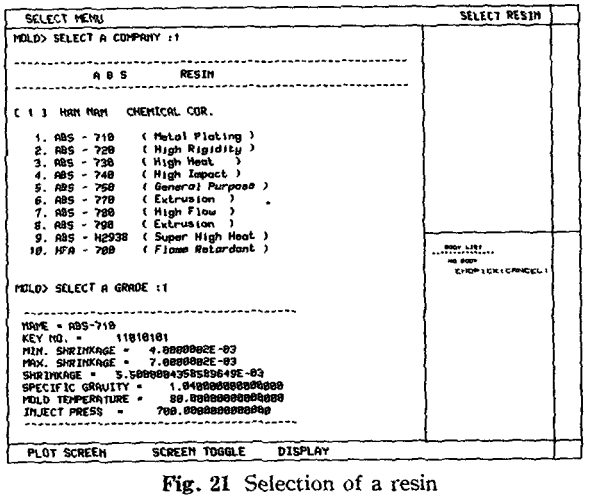


Fig. 21 Selection of a resin

정 두께 모델링 기능이 제품의 모델을 생성시키는데 사용 되었다. 일단 제품의 모델이 만들어지면 설계자는 Fig. 21의 메뉴로부터 수지를 선택하고, 이어 Fig. 22의 메뉴로부터 표준 몰드 베이스를 선택한다. 그 다음 설계자는 화면에서 분할선을 선정하고, 이에 따라 코어 입자와 캐비티 입자가 자동 생성된다. 설계자가 대화식으로 지정한 캐비티의 배열과 위의 코어와 캐비티 입자들이 사용되어 Fig. 23과 Fig. 24에 나타난 바와 같은 코어 판과 캐비티 판들이 시스템에 의해 생성된다. 끝으로 런너, 게이트, 냉각수 회로, 그리고 이젝터 핀들이 설계된 후 몰드 베이스와 결합되어 Fig. 25에 나타난 최종 금형을 만들어 낸다.

12. 결과 및 추천 사항

본 연구에서는 개발된 금형 CAD 시스템은 경험이 적은 설계자가 금형을 초기 설계할 때 대단히 유용한 도구가 될 수 있다. 이는 본 시스템에 저장되어 있는 데이터 베이스와 수집되어 프로그램화된 경험적인 지식들 덕택이며, 만일 다음과 같은 기능들이 본 시스템에 첨가된다면 대단히 강력한 금형설계 및 제조 시스템이 될 수 있을 것이다. 첫째, 자유 곡면에 대한 모델링 기능으로, 이는 많은 플라스틱 제품이 표면으로서 자유 곡면을 가지고 있기 때문이다. 둘째, 런너, 게이트, 그리고 이젝

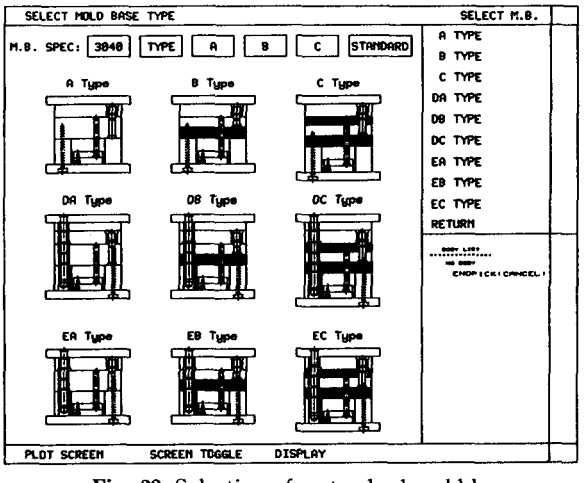


Fig. 22 Selection of a standard mold base

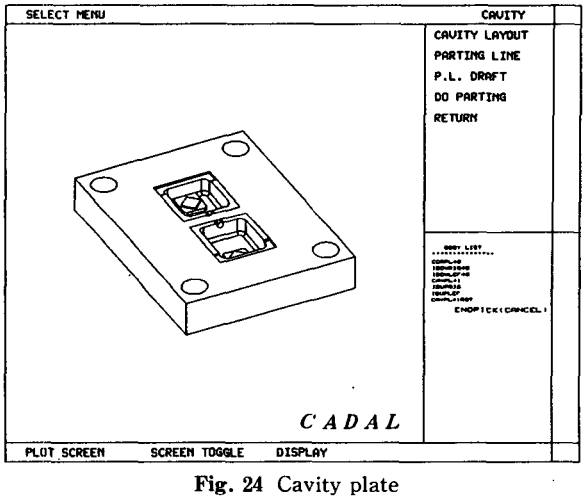
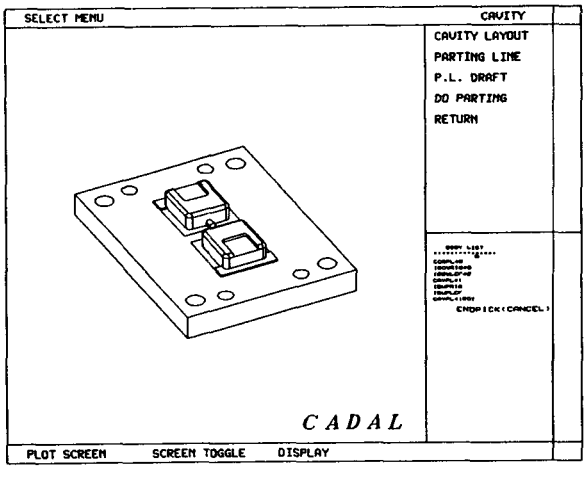


Fig. 24 Cavity plate



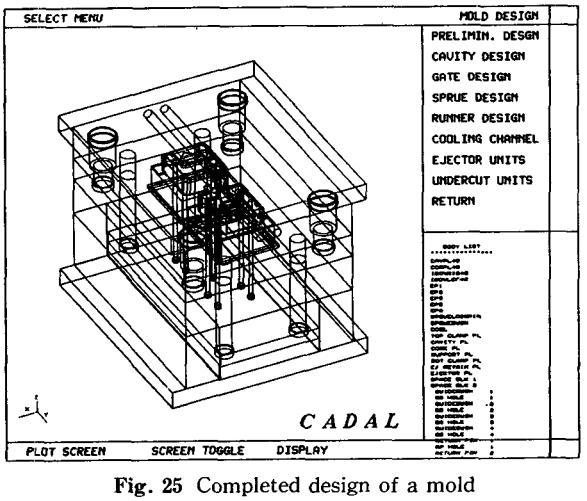


Fig. 25 Completed design of a mold

터 기구들의 레파토리가 확장되어 실제의 경우에 일어날 수 있는 모든 경우들을 조작할 수 있도록 한다. 셋째, 좀 더 많은 경험적인 지식과 경험식들을 수집하여 본 시스템에 첨가 시키도록 한다. 넷째, 본 시스템을 시뮬레이션 프로그램들과 연결 시켜서, 시뮬레이션의 결과를 금형 설계 과정에 반영시킴으로써 실제 제조 과정에서의 시험과 오차를 줄이도록 한다. 끝으로 본 시스템의 NC공구 경로 계산 프로그램과 결합되면 통합 CAD/CAM 시스템의 훌륭한 실제 예가 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

(1) Kishnami T., et. al., 1983, "Development of Interactive Mold Cavity CAD/CAM System", Annals of the CIRP, Vol. 32, No. 11, pp. 345~349.

(2) Kruth, J. P., 1986, "Steps Towards on Integrated CAD/CAM System for Mould Design and Manufacture : Anisotropic Shrinkage, Component Library and Link to NC Machining and EDM", Annals of the CIRP, Vol. 35, No. 1, pp. 83~88.

(3) Walsham, P.A., and Knight, W.A., 1983, "Futher Developments of a Geometric Modelling System for the Computer Aided Manufacture of Dies and Mould", Annals of the CIRP, Vol. 32, No. 1, pp. 339~342.

(4) Sata, T., et. al., 1981, "A New Method of NC Interpolation for Machining the Sculptured Surface", Annals of the CIRP, Vol. 30, No. 1, pp. 369~372.

(5) Zwigel, E., 1983, "How CAD/CAM Will Change Injection Moulding", Plastics Technology, Vol. 29, pp. 55~58.

(6) Abrahams, M., 1983, "CAD/CAM in der Kunststoffindustry-eine Revolution in der Konstruktions -und Fertigungstechnik", Kunststoffe German Plastics, Vol. 73, No. 9, pp. 529~533.

(7) Wang, K.K., et. al., "Computer-Aided Design and Fabrication of Molds and Computer Control of Injection Molding", Progress Report No. 1-11, Cornell Univ.

(8) Schumacher, B., 1984, "Integration of Toolmaking into CAD/CAM Systems", Annals of the CIRP, Vol. 33, No. 1, pp. 113~116.

(9) Kim, S.H., and Lee, K., "An Assembly Modeling System for Dynamic and Kinematic Analysis", To be published in Computer Aided Design.

(10) Requicha, A.A.G., 1980, "Representations for Rigid Solids : Theory, Methods, and Systems", ACM Computing Surveys, Vol. 12, No. 4.

(11) Chris Cary, 1983, "ROMULUS User's Reference Manual", Shape Data Ltd.

(12) Bernhardt, E.C., et. al., 1983, "Computer Aided Engineering for Injection Molding", Hanser Publishers, New York.

(13) Calma Company, 1983, "PolyCool Package User's Manual."

(14) Calma Company, 1984, "Poly Mold Package User's Manual."

(15) 신라교역주식회사, 1987, Silla Mold Bases, 서울.

(16) Pye, R.G.W., 1983, Injection Mould Design, Pitman press.

(17) 한국금형공구협동조합, 1986, 사출금형 설계, 서울.

(18) 한국표준협회, 1982, 한국공업규격, pp. KS B 4151~KS B 4157.

(19) 장한익 외5인, 1987, Plastic Mold Designs, 신도리코 기술연구소, 서울.

(20) Smith, C.T., and Lee, K., 1986, "Computer-Aided Pattern Design for Casting Processes", AFS Transactions, Des Plaines, IL.