

# 3D CAD를 이용한 사출 금형의 쿨링 라인과 이젝터 핀의 효과적인 배치 방법

이철수 · 박광렬

전남대학교 산업공학과

## An efficient Methods for Placing the Cooling Lines and Ejector Pins of Injection Mold in 3D CAD system

Cheol-Soo Lee · Gwang-Ryeol Park

In this paper, an efficient method is proposed to place the cooling lines(CLS) and ejector pins(EPS) of mold design. The other components of mold, except CLS and EPS, can be generated automatically by batch processing. But the placements and sizes of CLS and EPS depend on the shapes of a part, so that the design works of CLS and EPS should be processed interactively. Using the pre-defined reference points, the positions of CLS and EPS can be determined interactively. By the proposed method, the interference occurred during placing CLS and EPS can be avoided, and the proper lengths of them can be calculated automatically. The information of the positions and lengths are stored in BOM database for generating a machining data. The proposed method is implemented with Unigraphics API functions and C language, tested on Unigraphics V15.

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 필요성 및 범위

금형 제작 기간의 단축은 설계, 제도 그리고 가공 단계의 시간 단축과 공수의 절감으로 가능하다. 그 동안 CAM의 성능 개선과 NC가공 기술에 관한 많은 연구로 금형 가공에 대한 자동화는 금형 제작의 많은 생산성 향상을 가져오고 있다. 이제는 플라스틱 제품을 생산할 때 몰드베이스의 설계 작업은 생산성이나 유지관리, 제품의 품질에 영향을 미치는 가장 중요한 한 단계로 인식되고 있다(Rawin & Venkat, 1997). 특히 수치 유입이나 냉각과 관련한 사출 금형에 관련한 CAE연구가 활발해지고 상용 소프트웨어가 늘어나면서 금형의 설계 단계에서의 자동화에 대한 연구도 점차 늘어나고 있다.

설계 단계의 자동화는 몰드베이스 제작 회사를 중심으로 (FUTABA, 1997) 금형의 표준화가 이루어지고 파라메트릭 설계를 지원하는 상용 3D솔리드 모델러의 대중화에 힘입어 몰드 부품이나 몰드베이스의 자동 설계에 관한 연구가 최근 활발해지고 있다(이철수 외, 1999; 이진우 외, 1999). 그러나 몰드베이

스나 몰드 부품 중에서 제품 형상과 크게 관계가 없는 규격품들은 일괄처리에 의해 자동 설계가 가능하지만 상하 분리를 위한 파팅면이나 쿨링 라인, 이젝터 핀 등과 같이 제품 및 금형의 형상에 영향을 받는 부분은 금형 설계 전문가의 판단이나 컴퓨터에 의한 해석의 도움이 필요한데, 자동 설계를 지원하는 3D CAD를 이용하는 경우에도 이 경우는 대화형으로 작업이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 3D CAD를 이용하여 코어 및 캐비타의 형상을 포함한 몰드베이스가 완성된 후 쿨링 라인과 이젝터 핀을 배치할 때 3D 공간상의 배치 작업을 단순화하고 제품 형상 및 금형과의 간섭 등을 검사하는 효율적인 방법을 제안하고자 한다. 또한 쿨링 라인과 이젝터 핀의 배치가 완료되면 구멍 및 절단 가공 등을 위한 치수가 필요한데 이에 따른 가공 정보를 산출하도록 하였다.

#### 1.2 관련 연구

상용 모델러 기반의 사출 금형 설계CAD시스템의 개발(이진우 외, 1999)에 대한 연구와 CAD플랫폼에 구애받지 않도록 간언어(Description Language)를 이용한 몰드베이스 및 부품 라이브러리의 구축에 대한 연구(이철수 외, 1999)가 이루어진 바

있다. 그 외 파트의 형상에 따른 몰드베이스의 복잡도(complexity)를 평가하기 위해 신경망을 이용하는 연구도 있었다(Rawin & Venkat, 1997). 실제로 상용 금형 설계 지원 시스템에서는 쿨링 라인과 이젝터 핀의 설계를 위한 기능을 가지고 있는데(EDS, 1998; Fujitsu, 1997), 배치 방법에 대한 기준이나 간섭 체크에 대한 규칙 등은 아직 특별하게 정해지거나 알려지지 않은 상태이다.

## 2. 쿨링 라인과 이젝터 핀의 역할 및 특징

### 2.1 몰드베이스

몰드베이스는 <그림 1>의 (a)와 같이 구성되어 있으며 사출을 행할 때 움직이는 구동측과 그 외의 고정측으로 나눌 수 있다(유병렬, 1990). 코어 및 캐비티 금형은 몰드 베이스 사이에 삽입되는데 수지가 사출된 후 쿨링 라인의 냉매에 의해 충분히 냉각되면 제품을 꺼내게 된다. 제품은 코어와 캐비티 금형이 분리된 후 <그림 1>의 (b)와 같이 위로 솟아 올라오는 이젝터 핀에 의해 금형에서 분리된다.

몰드베이스는 일반적으로 규격품에 의해 설계된다. 몰드베이스를 포함하여 가이드 핀, 가이드 부시, 스푸르, 러너, 뱅킹 관련 핀과 볼트 등의 규격화된 치수의 부품인데 대부분이 몰드베이스 형상과 관련된 일정한 위치에 배치된다. 이젝터 핀은 기본적으로 규격품을 사용하지만 금형 형상에 따라 위치와 길이를 달리한다. 쿨링 라인은 냉각수가 흐르는 구멍인데, 마찬가지로 일정한 구멍 크기나 길이를 가지지 않으며 형상에 따라 배치 방법이 달라진다. 일반적으로 쿨링 라인의 배치는 이젝터 핀의 배치에 우선한다(신남호, 1990).

### 2.2 쿨링 라인

사출 금형의 냉각 작용이 없으면 사출 주기가 증가할 뿐 아니라 제품의 품질 등에 영향을 미친다. 쿨링 라인은 공기나 물

등의 냉매를 유입하는 구멍이다. 금형의 구조에 따라 다르겠지만 캐비티부는 수평형 쿨링 라인을 주로 배치하고 코어부는 수직 쿨링 라인을 배치하거나 수평 쿨링 라인과 병행하여 배치하는 것이 일반적이다(조웅식, 1997).

### 2.3 이젝터 핀

금형을 열고 제품을 꺼낼 때에는 제품을 코어측에 남기고 성형기의 형 열기 동작과의 관련을 유지하면서, 코어에서 제품을 밀어내는 것이 보통이다(유병렬 외, 1990). 금형에서 제품을 밀어낼 때는 제품의 두께가 얇거나 파손이 쉬운 경우에는 스트리퍼 플레이트를 이용하거나 칩과 같이 깊이가 깊은 형상은 코어와 제품 사이에 진공 상태가 발생하기 때문에 압축 공기를 사용하는 공기 이젝팅 방식을 사용하기도 하지만 일반적으로 이젝터 핀을 사용한다. 이젝터 핀은 캐비티가 가동측에 있을 때 코어가 캐비티와 분리된 다음 코어측에서 제품을 밀어내어 금형과 제품이 분리되게 한다.

## 3. 쿨링 라인과 이젝터 핀의 배치

### 3.1 쿨링 라인의 배치

쿨링 라인은 사출하는 수지의 재료적인 특성과 제품에 따른 금형의 형상과 관계가 있다. 금형은 코어부와 캐비티부로 크게 나눌 수 있는데, 캐비티부는 <그림 2>와 같이 주로 xy 평행한 평면에 수평형 쿨링 라인이 배치되고 코어부는 수평형 쿨링 라인을 배치할 수 없으므로 <그림 3>과 같이 수직형 쿨링 라인을 배치하거나 수평형과 병행하여 배치한다.

수평형 쿨링 라인을 3D CAD를 이용하여 설계할 때 제품의 형상이 사각형 형태이면 <그림 2>의 (a), (b)와 같이 xy면과 평행한 면에서 가로나 세로 방향으로 배치하는 경우가 많은데 실제로는 <그림 2>의 (c)처럼 가로와 세로가 교차하도록 생성한다. 제품의 형상이 원이나 타원형이면 <그림 2>의 (d)와 같

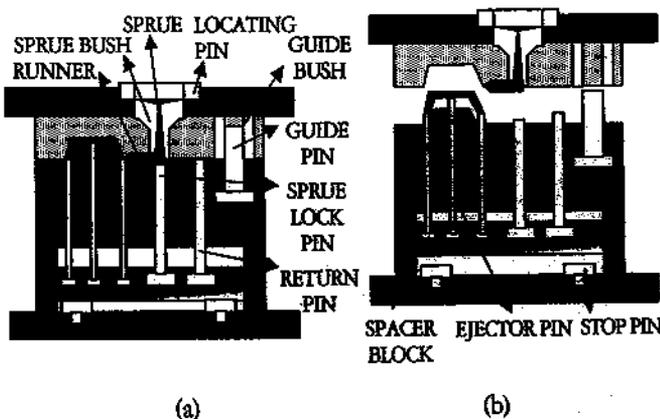


그림 1. 몰드베이스 구성과 이젝터 핀의 역할.

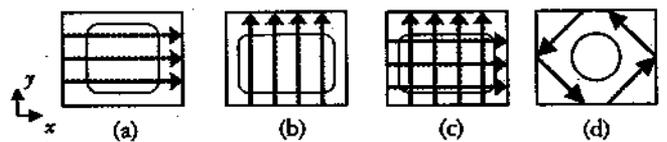


그림 2. 수평형 쿨링 라인의 생성 방법의 예.

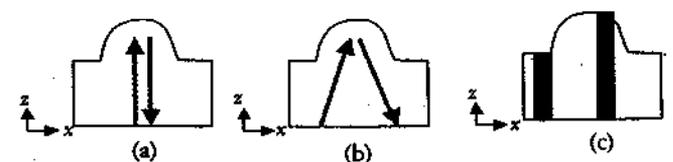


그림 3. 수직형 쿨링 라인((a), (b))과 이젝터 핀(c)의 배치 방법의 예.

이 들레를 감싸도록 대각방향으로 배치한다.

코어부는 수직형 클링 라인을 설계해야 하는데 <그림 3>의 (a)와 같이 금형의 바닥면의 수직방향으로 배치하거나 <그림 3>의 (b)와 같이 약간 기울여서 적당한 부분에서 교차하게 배치한다. 모두 관통하지 않는 구멍이기 때문에 수직인 경우는 구멍 사이에 칸막이를 하여 냉각수가 유입, 배출되도록 하며 구멍을 기울인 경우는 두 구멍이 각각 유입, 배출의 라인으로 사용된다.

### 3.2 이젝터 핀의 배치

이젝터 핀도 수직 클링 라인과 같은 방식으로 배치한다. 다만 구멍이 파팅면으로 관통하도록 생성되며 구멍에 삽입될 이젝터 핀 부품도 함께 생성하여 BOM에 추가하여야 한다(<그림 3>의 (c) 참조).

### 3.3 참조점과 참조면의 이용

클링 라인을 위한 구멍을 뚫을 금형의 측벽이나 바닥의 위치나 이젝터 핀이 위치할 플레이트 바닥면이 위치를 포인팅하기 위한 참조점을 미리 생성하면 CAD에서 지원하는 개체스냅(object snap)기능으로 쉽게 위치를 선택할 수 있다. 클링 라인의 경우 배치하는 일정한 규칙이 있는 경우가 많은데, 이러한 예를 <그림 4>에서 보이고 있다. <그림 4>의 (a)는 제품의 두께가 두꺼울 때 클링 라인을 좀 더 근접시키는 예이고, <그림 4>의 (b)와 (c)는 클링 라인의 구멍의 직경이나 각도 등으로 클링 라인 구멍의 간격 등을 결정하는 예이다(신남호, 1990).

본 연구에서는 참조점은 공간상에서 주어진 평면과 원점으로 정의하는 방법을 이용하였다. 3D CAD에서 적용하는 경우 두 개의 에지(edge)만을 입력받으면 된다. <그림 5>의 (a)와 같이 Edge1과 Edge2를 순서대로 입력받고 먼저 교점인 점  $O(x_o, y_o, z_o)$ 와 끝점  $P(x_p, y_p, z_p)$ ,  $Q(x_q, y_q, z_q)$ 를 구한다. 그 다음 점의 생성 방향을 결정하는 벡터  $u$ 와  $v$ 는 각각  $P-O/|P-O|$ 와  $Q-O/|Q-O|$ 이다.

참조점  $E(x, y, z)$ 는 사용자에게 입력받은  $u, v$  방향의 시작 윗셋 치수와 간격 치수인  $uu, vv, \Delta u, \Delta v$  와 인덱스  $i, j$ 에 의해 다음과 같은 프로시저에 의해 생성된다(<그림 5>의 (a) 참조).

$$u_{len} := |P-O|, \quad v_{len} := |Q-O|$$

$$i := 0, \quad j := 0$$

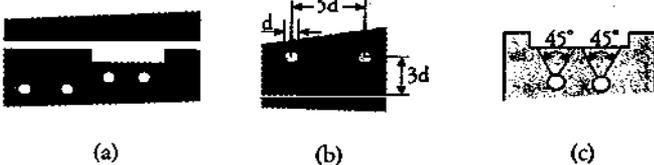


그림 4. 클링 라인의 위치를 결정하기 위한 규칙의 예.

```

while (upos < uLen) {
  while (vpos < vLen) {
    upos := i * Δu
    vpos := j * Δv
    E(x, y, z) := O + (uu+upos)·u + (vv+vpos)·v
    CAD_API_FUNCTION_create_point(x, y, z)
    i := i + 1, j := j + 1
  }
}

```

클링 라인의 경우 두 개의 솔리드 간의 subtract 연산으로 라인에 해당하는 구멍을 생성할 수 있다. 예를 들어 코어 솔리드에서 클링 라인의 치수와 같은 실린더 형상의 솔리드를 subtract하는 방식이다. 수평형 클링 라인의 경우 실린더 형상을 위치, 방향과 반경, 길이 치수로 정의할 수 있다. CAD를 이용하는 경우 금형 솔리드에서 구멍이 위치할 면(face)을 지정 후 솔리드의 내부를 향하는 방향벡터와 실린더의 길이를 구한다. 클링 라인의 반경을 대화 상자를 통해 미리 입력받고 지정된 면에 있는 임의의 참조점을 지정하게 하면 그 위치에 클링 라인이 생성된다(<그림 5>의 (b) 참조). 수직형 클링 라인도 같은 방법으로 생성하는데, 바닥면을 지정하고 참조점을 선택하면 된다(<그림 5>의 (c) 참조). 이젝터 핀도 수직형 클링 라인과 바닥면과 참조점을 결정하면 그 위치에 핀이 들어갈 구멍을 생성할 수 있다. 수평형 클링 라인을 그림 2의 (d)와 같이 반구형의 캐비티를 둘러싸는 모양으로 배치할 경우는 면과 한 점(참조점)이 아닌 두 점을 입력받아 그 두 점을 잇는 직선을 중심축으로 하는 실린더 형상을 정의하도록 하였다. 이러한 경우를 <그림 5>의 (d)에서 보이고 있는데 구멍을 생성할 때 금형 솔리드에서 실린더 형상의 솔리드를 subtract한다면 실린더 길이가 참조점 간의 거리보다 더 길어야 하고 위치도 조정되어야 한다. CAD작업자가 수평면에 있는 대각방향의 두 참조점  $P_1, P_2$ 를 지정했을 때 구멍의 반경이  $r$ 이면 subtract를 위한 실린더 형상을 결정하는  $P_1'$ 와  $P_2'$ 는 다음과 같다.

$$P_1' = P_1 - ad$$

$$P_2' = P_2 + bd$$

$$(여기서, d = D/|D|, D = P_2 - P_1 = (dx, dy, 0),$$

$$a = r(dx/dy), b = r(dy/dx))$$

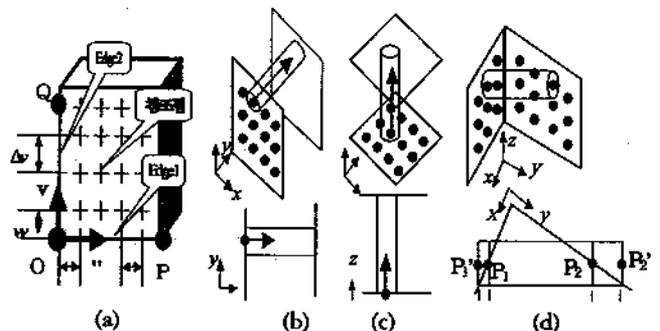


그림 5. 참조점에 의한 실린더 형상의 배치.

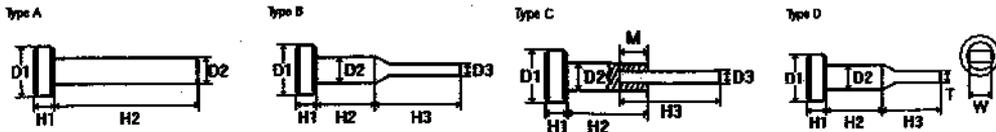


그림 6. 이젝터 핀의 표준 형상 정의의 예.

3.4 클링 라인 및 이젝터 핀 형상의 정의

클링 라인 및 이젝터 핀을 생성할 때 간섭을 체크하기 위해서는 이미 생성된 클링 라인과 이젝터 핀에 대한 자료를 보관하고 있어야 한다. 일반적으로 클링 라인은 코어와 캐비티 금형 등에 드릴 가공에 의한 원형의 구멍(HOLE)이며 관통하는 경우와 그렇지 않은 경우 그리고 표면에서 수직인 경우와 그렇지 않은 경우로 구분할 수 있다. 이젝터 핀도 일반적으로 실린더 형상이기 때문에 금형에 이젝터 핀이 들어가는 위치에 드릴 가공을 하게 된다. <그림 6>은 일반적으로 사용되는 이젝터 핀의 형상에 대한 예이다. 이젝터 핀은 형상과 기본 치수를 표준화하여 사용하는 경우가 많은데, <그림 6>은 F사의 표준 이젝터 핀의 예이다(FURABA, 1997). <그림 6>에서 A, B, C, D로 구분된 TYPE은 형상의 모양에 따른 구분이다. 각 TYPE에는 여러 가지 호칭의 부품이 있는데, 호칭별로 <그림 6>에 표기된 H<sub>i</sub>, D<sub>i</sub>와 M, T, W 등의 치수를 달리한다.

클링 라인과 이젝터 핀의 형상을 보관할 때도 실린더의 기본 치수를 보관하면 된다. 즉, <그림 7>의 (a)와 같은 실린더를 C, d, length, radius 등의 값을 DB에 저장해 둔다. 저장할 자료의 구조를 프로그램으로 구현하는 경우의 예를 <그림 7>의 (b)에서 보이고 있다.

3.5 배치 단계의 자동 간섭 체크

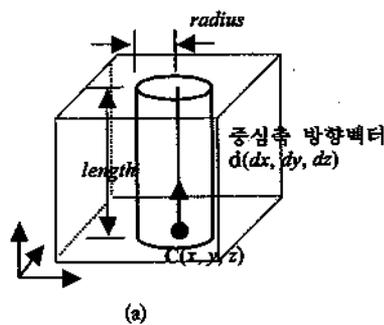
클링 라인이나 이젝터 핀을 3차원 공간상의 실린더 형상으로 몰드베이스의 BOM에 보관되어 있다면 새로운 클링 라인이나 이젝터 핀을 추가할 때는 이미 배치된 것들과의 간섭을 검사하여 간섭이 없는 경우에만 몰드베이스에 추가하도록 해야 한다. 두 실린더(cylinder) 형상의 간섭 여부는 다음과 같은 절차로 판단할 수 있다. 연산 기호 · 와 ×는 각각 벡터 내적과 외

적의 의미이다.

- 단계 1. 두 실린더의 중심 C<sub>1</sub>(x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>, z<sub>1</sub>), C<sub>2</sub>(x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>, z<sub>2</sub>)와 반경 R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>와 길이 length<sub>1</sub>, length<sub>2</sub> 그리고 길이 방향의 벡터 d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>를 형상 database에서 얻는다.
- 단계 2. 두 실린더 바닥이 같은 평면에 있고 방향(direction)이 같으면 2.1 아니면 2.2
  - case 2.1. 두 점 간의 거리  $d = |C_1 - C_2| = ((x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2)^{1/2}$
  - case 2.2. 두 직선 간의 거리  $d = \frac{|(P_2 - P_1) \cdot (d_1 \times d_2)|}{\|d_1 \times d_2\|}$
  - 두 직선 L<sub>1</sub>(u) = P<sub>1</sub> + d<sub>1</sub>u (단, u = 0~length<sub>1</sub>)
  - 두 직선 L<sub>2</sub>(u) = P<sub>2</sub> + d<sub>2</sub>u (단, u = 0~length<sub>2</sub>)
- 단계 3. 만일 d < R<sub>1</sub>+R<sub>2</sub>+ε 이면 간섭이 발생한 경우이다. (단, ε는 허용오차)

위 절차에서 case 2.1과 같은 경우를 <그림 8>의 (a), (b)에서 보이고 있는데 원의 중심 간의 거리가 두 반경의 합보다 적으면 두 실린더가 겹치는 경우이다. case 2.2는 수평형 클링 라인과 수직형 클링 라인 그리고 수평형 클링 라인과 이젝터 핀 사이의 간섭을 체크해야 하는 경우이다. 이 경우는 <그림 8>의 (c), (d)와 같은 실린더의 중심축에 대한 공간상의 두 직선을 설정하고 <그림 8>의 (e)와 같이 두 직선 사이의 최단 거리를 구한다. 이 거리가 두 실린더의 반경의 합보다 적으면 겹치는 경우이다.

앞서 언급한 바와 같이 클링 라인이 설계된 후 이젝터 핀을 배치하는 것이 일반적이지만 때에 따라서 이젝터 핀을 배치하다가 클링 라인의 배치를 수정하는 경우도 있을 수 있다. 수평형의 경우는 일부러 교차되게 하는 경우가 일반적이지만 이 경우에도 인접하는 클링 라인과 이젝터 핀의 간섭은 체크하여야 한다.



```

typedef struct tag_CHK_FeatureType{
    double x,y,z; // 실린더 중심축 시작점
    double dx,dy,dz; // 중심축 방향벡터
    double radius; // 실린더 반경
    double length; // 실린더 길이
} CHK_FeatureType, *CHK_pFeatureType;
    
```

그림 7. 간섭 체크 및 치수 산출을 위한 클링 라인 및 이젝터 핀 형상의 정의.

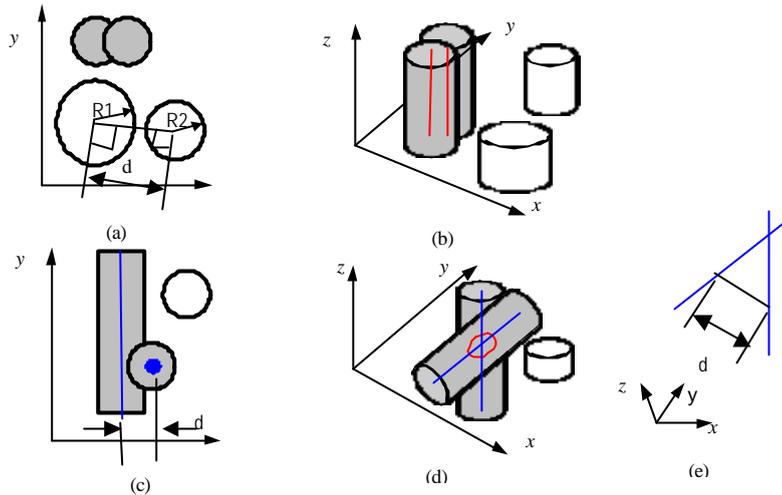


그림 8. 공간 상에 있는 두 실린더의 간섭 체크.

표 7. 형상간의 간섭 체크 여부

	수직형 균임 라인	수직형 균임 라인	이젝터 핀
수직형 균임 라인	같은 팜팜이 아 닌 경우에만 간 섭 체크 실시	원하는 경우(예:코어) 만 간섭 체크 실시	함삼 간섭 체크 실시
수직형 균임 라인	필요없음	원하는 경우(예:그림 4(b))만 간섭 체크 SKIP	함삼 간섭 체크 실시
이젝터 핀	필요없음	필요없음	함삼 간섭 체크 실시

서로의 간섭에 대한 각각의 경우 종류와 간섭 체크 규칙은 <표 1>과 같다.

### 3.6 수직형 풀링 라인과 이젝터 핀 길이의 자동 산출

수직형 풀링 라인의 경우 금형의 파팅면보다 약간 아랫부분 까지 구멍이 가공되어야 한다. 그 간격은 금형의 재질 등에 따라 결정한다. 이젝터 핀은 코어형상 파팅면보다 약간 솟아 올라오게 길이를 결정한다. 이 솟아오르는 길이는 가공 여유인데, 이젝터 핀은 삽입될 곳에 생긴 관통 구멍에 핀을 삽입한 후 솟아 올라온 부분을 구멍 가공 전의 금형 파팅면과 같도록 연삭 가공하기 위함이다. 금형 설계 단계에서 풀링 라인과 이젝터 핀을 배치할 때마다 파팅면과의 거리를 계산하여 치수를 입력하는 것은 CAD를 이용하여 모델링하더라도 대단히 번거로운 일이다. 3.3절에서 제안한 바와 같이 자동 설계 단계에서 참조점을 이용하여 대화형으로 라인과 핀을 배치하는 과정에서 자동 길이 산출은 꼭 필요하다.

수직 풀링 라인과 이젝터 핀이 모두 <그림 7>과 같은 정보로 database에 보관되어 있으면 라인이나 핀에 해당하는 실린더면과 파팅면과의 교선을 구할 수 있을 것이다. 이젝터 핀은

이 교선상의 점 중에서 가장 높은 점보다 더 높아야 하고, 수직형 풀링 라인의 구멍 깊이는 가장 교선상의 점 중에서 가장 낮은 점보다 짧아야 한다.

곡면과 곡면의 교선은 계산 시간이 많이 소요되는데, 본 연구에서는 원주상의 점을 샘플링하여 점을 이젝터 길이 방향으로 충분히 연장한 직선과 파팅면과의 교점을 이용하도록 하였다. 곡면이 평활하지 않고 원통 반경이 크면 오차가 증가하는데, 이 경우 샘플링 수를 늘려야 한다. 실제로 이젝터 핀은 주로 평면이나 평활한 곡면부위에 배치하기 때문에  $n$ 개의 직선을 샘플링하여 구한 교점의  $z$ 좌표에서 가장 큰 값과 가장 작은 값을 가지고 각각 이젝터 핀과 수직형 풀링 라인의 길이 산출에 이용할 수 있었다. 이젝터 핀의 가공여유(allowance)와 수직 풀링 라인의 구멍과 파팅과의 차이(gap)가 주어진 경우 이 과정을 정리하면 다음과 같다.

- 단계 1. 금형의 바운딩 박스 크기 (length, width, height) 산출
- 단계 2. 실린더 단면 원의 바운딩 상자 내부의 일정한 간격의  $n$ 개의 점  $P(x)$ 을 샘플링 ( $i=1-n$ )
- 단계 3. 시작점이  $P(x)$ , 방향이  $+Z$ 이고 길이가 (height + allowance)인 직선  $L(x)$  설정
- 단계 4. 실린더 내부 직선  $L(x)$ 와 금형의 파팅면인 곡면 R 설정
- 단계 5. 직선  $L(x)$ 과 곡면 R과의 교점(intersection points)  $Q(x)$  산출
- 단계 6. 주어진 allowance 및 gap값에 의해 길이나 깊이 산출 :  
 $length(i) = |Q(x) - P(x)|$   
 case 6.1. 이젝터 핀 길이 =  $Max(length(i)) + allowance$   
 case 6.2. 수직 풀링 라인 길이 =  $Min(length(i)) - gap$

위의 과정을 <그림 9>에서 보이고 있는데 <그림 9>의 (a)에서  $P(x)$ 를 시작으로  $+Z$ 방향의 직선  $L(x)$ 들을 보이고 있다. 이

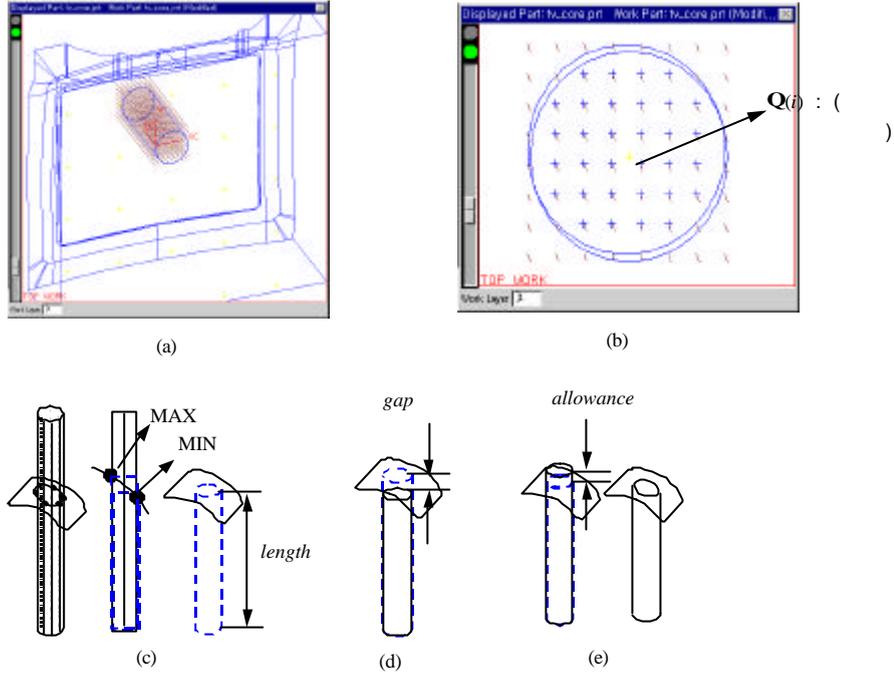


그림 9. 이젝터 핀과 수직형 풀링 라인의 길이 계산

중에서 편 또는 구멍 형상에 해당하는 실린더의 내부에 있는 직선  $X(i)$ 와 금형의 표면  $R$ 과의 교점  $Q(i)$ 를 구한다(<그림 8>의 (b)참조). 각  $i$ 에 대해  $P(i)$ 와  $Q(i)$  사이의 거리인  $length(i)$ 가 산출되는데, 그 중에서 최대 길이  $Max(length(i))$ 와  $Min(length(i))$ 를 구한다(<그림 9>의 (c) 참조). 수직형 풀링 라인은 파팅면에서  $gap$ 만큼 아래까지 구멍을 뚫으면 되므로 길이는  $Min(length(i)) - gap$ 이 되고(<그림 9>의 (d) 참조), 이젝터 핀은 파팅면 높이에 가공여유를 더한 길이  $Max(length(i)) + allowance$ 가 된다(<그림 9>의 (e) 참조).

3.6 가공 관련 데이터의 산출

수평형 풀링 라인과 수직형 풀링 라인은 구멍의 위치와 크기 깊이 등의 치수를 산출해야 한다. 이젝터 핀은 구멍은 항상 관통형이지만 핀의 길이는 금형의 형상에 맞추어 절단되어야 한다. <그림 10>은 이러한 세 가지 경우에 대해 가공에 필요한 값들을 수치표 형태로 정리한 것인데, 수평형 풀링 라인의

시점은 구멍을 가공할 위치이고 시점에서 종점까지의 거리가 구멍의 깊이이다. 구멍 위 위치와 깊이만으로 표현하지 않은 이유는 대각 방향의 구멍도 있기 때문이다.

4. 적용

제안된 방법은 UniGraphics V15를 기반으로 C언어로 프로그램을 작성하여 적용하였다. 몰드베이스는 이미 생성되어 있어야 풀링 라인과 이젝터 핀을 심을 수 있는데, 여기서는 이미 제안된 몰드베이스 및 부품 라이브러리 구축 방법(이철수 외, 1999)을 이용하여 생성하였다. Unigraphics는 UG/Open API (EDS, 1998)라는 커널을 통해 메뉴 생성이나 모델 생성 등과 같은 대부분의 CAD기능을 API(Application Programming Interface) level로 지원하는데, 실제로 구현한 시스템의 기능별 메뉴는 <그림 11>의 (a)와 같다. <그림 11>의 (a)에서 기능1과2는 참조점을 생성하거나 제거하고 기능 3-5는 풀링 라인을 생성하는데, 3

수평형 풀링라인			수직형 풀링라인			이젝터 핀				
시점 (x, y, z)	종점 (x, y, z)	직경	직경	위치 (x, y, z)	여유	길이	호심	위치 (x, y)	높이	길이
[Diagram of horizontal hole]			[Diagram of vertical hole]			[Diagram of ejector pin]				

그림 10. 풀링 라인과 이젝터 핀의 가공 관련 데이터의 예.

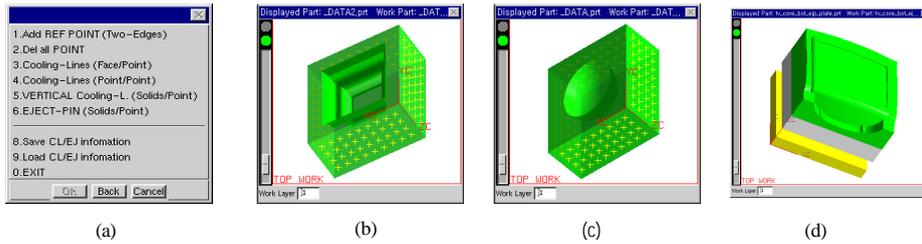


그림 11. 적용 시스템의 풀링 라인 및 이젝터 생성을 위한 기능과 예제 형상.

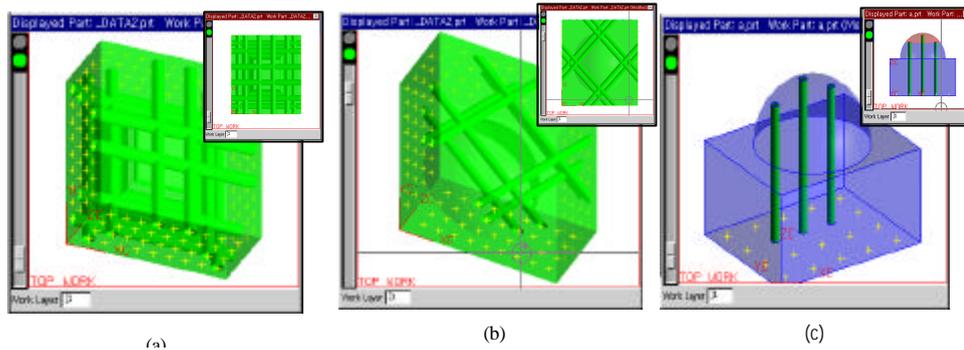


그림 12. 수평형((a), (b)) 및 수직형 (c) 풀링 라인의 배치 예.

은 직교하는 수평형 라인, 4는 대각선 방향의 수평형 풀링 라인 그리고 5는 수직 풀링 라인을 생성하는 기능이다. 기능 6은 이젝터 핀을 생성하며 기능 8, 9는 간섭 체크를 위한 형상 정보와 드릴 가공 및 이젝터 핀 길이 정보를 BFILE로 보관하거나 불러 들인다. <그림 11>의 (b)와 (c)는 풀링 라인 배치를 위해 캐비티 형상이고 <그림 11>의 (d)는 수직형 풀링 라인과 이젝터 핀을 생성하는 코어, 플레이트 등의 예제 형상을 보인 것이다.

4.1 풀링 라인의 생성

풀링 라인은 수평형과 수직형이 있는데 수평형의 경우 제품의 <그림 11>의 (b)와 같이 형상이 사각 형태인 경우 직교형으로 배치하고 <그림 11>의 (c)와 같이 원형과 유사한 경우는 대각형 라인이거나 직교형과 혼용하여 배치하게 된다. <그림 12>의 (a)는 참조점과 참조점을 포함하는 면을 이용하여 직교 형태의 라인을 배치한 예이고 <그림 12>의 (b)는 두 참조점을 이용하여 대각 방향으로 라인을 배치한 예이다. 수직형은 코어 형상과 같이 수평형 라인으로는 냉각이 되지 않는 부분에 냉각수를 흐르게 하기 위한 것인데 구멍이 관통하지 않고 파팅면에 근접해야 한다. <그림 12>의 (c)에서 예를 보이고 있다.

4.2 이젝터 핀의 배치와 간섭 확인

간섭은 풀링 라인끼리 또는 풀링 라인과 이젝터 핀과의 간섭이 있을 수 있는데, 규칙은 <표 1>에 따르도록 하였다. 이젝터 핀은 생성 순서는 먼저 <그림 13>의 (a)와 같이 핀의 타입

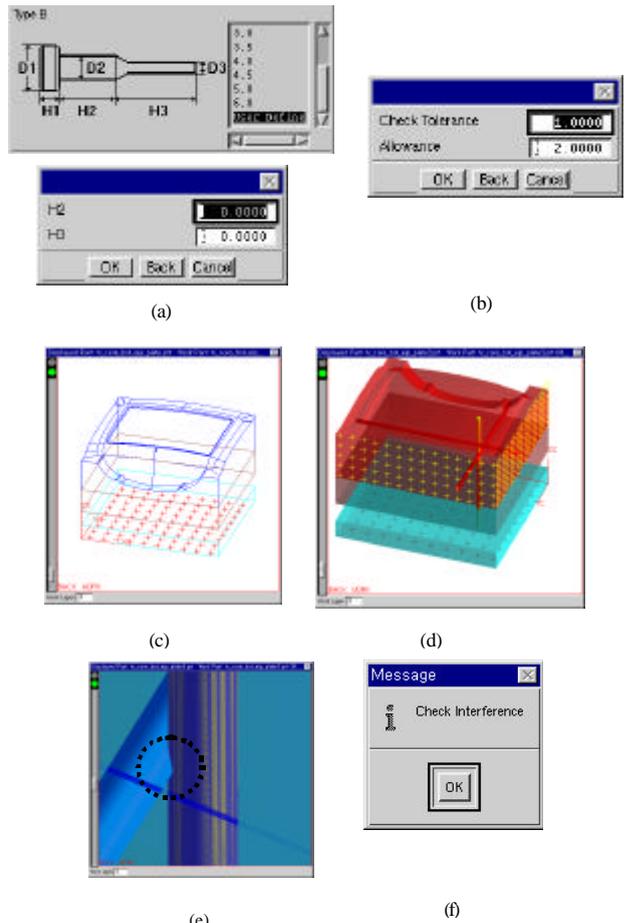


그림 13. 이젝터 핀의 형상 정의 및 배치와 간섭 체크.

과 치수를 입력받고 <그림 13>의 (b)에서 'Check Tolerance' 부분에서 간섭 체크의 허용 오차(ε)를 입력받는다. 권의 위치는 <그림 13>의 (c)와 같이 이미 생성된 참조점을 지정만 하면 생성된 결과를 <그림 13>의 (d)에서 보이고 있다. <그림 13>의 (e)와 같이 이미 생성된 콜링 라인과 겹치는 경우나 떨어진 거리가 허용오차보다 작으면 간섭이 발생한다는 메시지를 <그림 13>의 (f)와 같이 출력하고 생성작업을 취소한다.

4.3 이젝터 권과 수직형 콜링 라인 길이의 자동 산출

이젝터 권의 위치가 간섭이 없다고 확인되면 길이를 수정해야 한다. 이젝터 권을 생성할 때 입력한 길이는 코어 수직 높이보다 길게 세팅된 값인데, 앞서 설명한 방법으로 가공여유(allowance)를 고려하여 금형의 파팅면보다 솟아오르는데, <그림 14>의 (a)에서 보이고 있다. 높게 충분히 길게 하여야 한다. <그림 14>의 (b)에서 A부분은 권이 삽입되는 구멍이 생성된 부위이며 <그림 14>의 (c)는 생성된 후 BOM이 저장된 DB에 추가되는 수정된 길이의 이젝터 권 형상이다. 수직형 콜링 라인도 비슷한 절차로 생성되는 데 구멍이 금형을 관통하지 않도록 <그림 14>의 (d)에서 'Gap from Part'의 치수(gap)만큼 구멍 길이가 짧아지게 된다. <그림 14>의 (e)는 이와같이 자동 산출된 길이의 구멍이 코어나 플레이트 등의 여러 개의 슬리

드에 한번에 생성되는 예를 보인 것이다.

4.4 출력 데이터

제안된 방법에 의해 산출된 콜링 라인과 이젝터 권을 위한 구멍 가공 위치와 방향, 깊이 등의 정보는 드릴가공을 위한 작업 지시서나 가공데이터 산출을 위한 포스트 프로세싱의 입력 데이터로 사용될 수 있다. 본 연구의 적용 시스템에서는 다음과 같은 형식으로 가공정보를 DB에 보관하도록 하였다.

```
// Information of hole dimension for drilling process and Eject Pin
length for cutting (Created by SoftMold)
*COOLING LINE 0
*END
*VERTICAL COOLING LINE 0
1, 5.000, 3.568, -84.252, -150.627, 3.568, -84.252, -5.057,
-5.057, 0.000, 145.569
2, 5.000, 63.568, -84.252, -150.627, 63.568, -84.252, -6.913,
-6.913, 0.000, 143.713
3, 5.000, -56.432, -84.252, -150.627, -56.432, -84.252, -6.525,
-6.525, 0.000, 144.102
4, 5.000, -116.432, -84.252, -150.627, -116.432, -84.252,
```

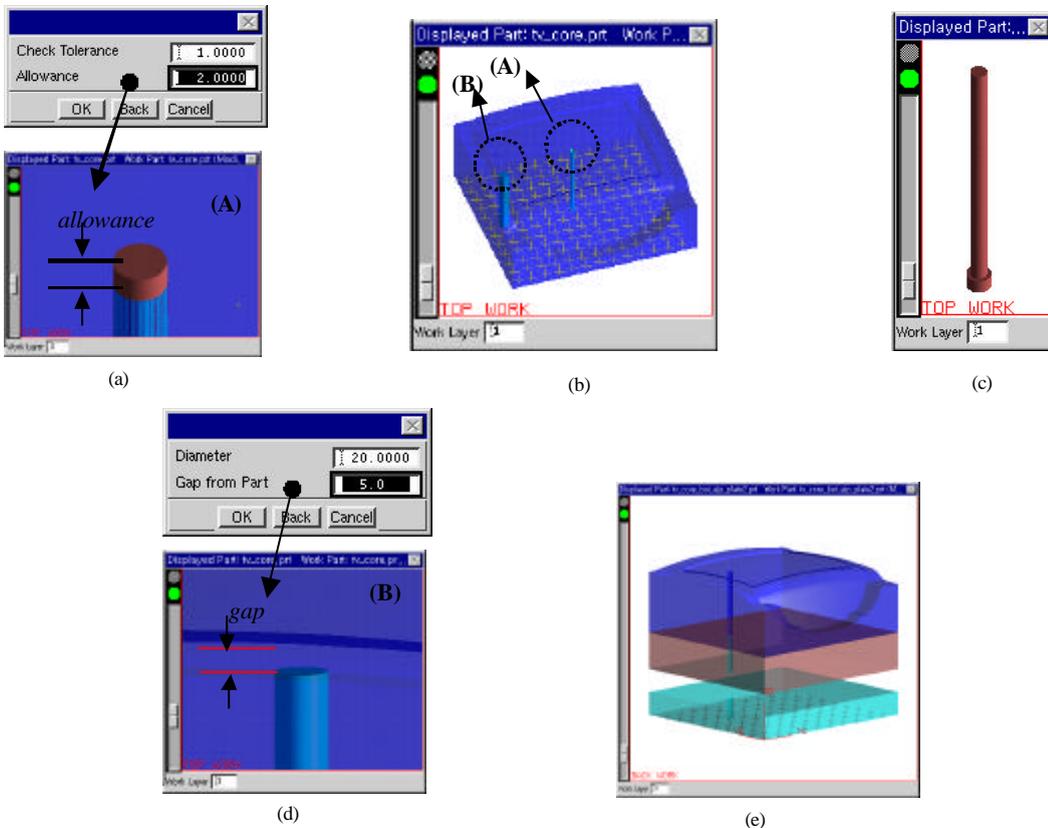


그림 14. 이젝터 권과 수직형 콜링 라인의 생성.

```

-11.214, -11.214, 0.000, 139.413
5, 5.000, 63.568, 5.748, -150.627, 63.568, 5.748, -3.146, -3.146,
0.000, 147.481
6, 5.000, -116.432, 5.748, -150.627, -116.432, 5.748, -7.924,
-7.924, 0.000, 142.702
7, 5.000, -26.432, 5.748, -150.627, -26.432, 5.748, -1.426,
-1.426, 0.000, 149.201
*END
*EJECT_PIN 3
1, 15.000, 33.568, -54.252, -150.627, 33.568, -54.252, -0.659,
-0.659, 0.000, 149.968
2, 15.000, -26.432, -54.252, -150.627, -26.432, -54.252, -0.481,
-0.481, 0.000, 150.145
3, 15.000, -86.432, -54.252, -150.627, -86.432, -54.252, -3.481,
-3.481, 0.000, 147.146
*END
*EJECT_PINTYPE 3
1, B, 6.0
2, B, 6.0
3, B, 6.0
*END

```

## 5. 결론

금형 제작 기관의 단축을 위해 몰드베이스 설계 자동화는 그 중요성이 매우 부각되고 있다. 몰드베이스 및 부품은 제작 회사들의 표준화 작업 등에 힘입어 많은 연구가 이루어지고 있는데, 풀링 라인과 이젝터 핀은 제품 형상의 영향을 받기 때문

에 CAD를 이용한 설계 단계에서도 대화 형으로 배치 작업이 이루어지고 있다. 본 논문에서는 3D CAD를 이용하여 몰드베이스에 풀링 라인과 이젝터 핀을 배치할 때 참조점을 이용하여 대화 형의 배치 작업이 효율적으로 이루어지도록 하였다. 또한 배치하는 과정에서 발생할 수 있는 간섭을 정확하게 체크하고 이젝터 핀과 수직 풀링 라인의 깊이를 자동으로 산출하도록 하였다. 산출된 데이터는 가공 단계에서 이용하도록 별도의 DB에 보관하였다.

제안된 방법은 솔리드 모델링을 지원하는 CAD 시스템인 Unigraphics V15에 적용하여 테스트하였는데, 일반CAD기반의 몰드 베이스의 자동 설계 시스템의 한 모듈로 이용함으로써 자동설계 기능을 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- Ravin Ravivorse and Venkat allada (1997), Artificial Neural Network Based Model for Computation of Injection Mould Complexity, *The Int'l Journal of manufacturing Technology*, 13, 577-586.
- FUTAVA (1997), *가산-FUTAVA-몰드베이스* (외기신).
- 이건우 외 (1999), 상용 Solid Modeller 기반 사출금형 설계 CAD system의 개발, 99 한국 CAD/CAM 학회 학술 발표회 논문집, 199-203.
- 이철수의 (1999), 사출금형 몰드 베이스와 몰드 금형 부품의 3차원 CAD 라이브러리 구축에 관한 연구, *산업공학*, 12(3), 480-486.
- EDS(Electronic Data Systems) Corporation Unigraphics Division (1998), *UG / OPEN API Programming and reference Guide*, EDS Corp.
- Fujitsu Ltd (1997), *MOLDWARE CAD user manual (Unigraphics)*.
- 유병렬 외 (1990), *사출 금형 설계*, 성안당.
- 柳炳烈 (1990), *알기쉬운 플라스틱 금형*, 성안당.
- 조용식 (1997), *사출성형 금형 설계기술*, 기권연구소.
- 신남호 외 (1990), *플라스틱 금형의 기본과 설계*.



**이철수**

한양대학교 산업공학과 학사  
한국과학기술원 산업공학과 석사  
한국과학기술원 산업공학과 박사  
현재: 전남대학교 산업공학과 부교수  
관심분야: CAD/CAM과 CNC 컨트롤러



**박광렬**

전남대학교 산업공학과 학사  
전남대학교 산업공학과 석사  
현재: 전남대학교 산업공학과 박사과정  
관심분야: CAD/CAM, 생산자동화