

# CAE를 이용한 극박판 사출 금형 설계에 관한 연구

장지은, 허용정  
한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부  
e-mail : yjhuh@kut.ac.kr

## A Study on Design and Analysis of Thin Injection-molded Parts Using CAE

Ji-Eun Jang, Yong-Jeong Huh

School of Mechtronics Engineering, Korea University of  
Technology and Education

### 요 약(신명조 9pt)

본 연구의 목적은, CAE(Computer Aided Engineering) 기술과 동시설계(Concurrent Design) 방식을 활용하여 0.3mm 정밀박판금형을 설계, 제작하는 것이다. 박판 성형은 기존의 사출성형제품에 비하여 훨씬 얇은 제품을 성형하는 것이기 때문에 수지의 충전 불량, 제품의 변형, 과다 내부응력 등 많은 문제점들이 발생한다. 이런 문제점들을 해결하기 위하여 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 최적 성형조건을 찾아내고자 시도하였으며 도출된 조건을 금형설계 및 성형에 적용시킴으로써 최소한의 시행오차를 통한 고부가가치 제품을 성형하였다.

### 1. 서 론

사출성형공정은 많이 사용되고 있는 제조방법의 하나로 플라스틱 제품의 약 1/3정도가 사출성형의 방법을 통하여 생산되어지고 있으며, 저렴한 비용으로 다양한 플라스틱 제품을 얻을 수 있는 장점이 있다. 하지만 사출 성형 제품 또는 금형설계는 제품의 기능에서부터 재료의 특성고려, 성형성, 성형품질 등에 걸쳐 폭넓은 부분에 지식이 필요할 뿐만 아니라, 오랜 경험과 노하우를 요구하는 공정이다.

현재, 플라스틱 사출성형 분야는 가볍고 강도가 높은 고분자 재료의 개발과 더불어, 전기·전자 제품은 물론이고 자동차, 항공기 등 정밀제품의 생산에 이르기까지 응용분야가 확대되고 있다.

본 연구는 위와 같은 기술의 일환으로 현장에서 사출성형하기 어려운 두께 0.3mm 플라스틱 제품을 CAE(Computer Aided Engineering)기술과 동시설계(Concurrent Design) 방식을 활용하여 최적 금형설계, 제작을 하였다. 극박판 성형은 기존의 사출성

형제품에 비하여 훨씬 얇은 제품을 성형하는 것이기 때문에 수지의 충전 불량, 제품의 변형, 과다 내부응력 등 많은 문제점들이 발생한다.

이런 문제점들을 해결하기 위하여 본 연구에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 최적 성형조건을 결정하였으며, 금형설계에 이를 반영하고, 제작공정과 긴밀한 의사소통으로 극박판 사출성형제품을 생산할 때 일어날 수 있는 문제들을 최소화 하는데 기여하며, 보다 효율적인 금형설계과 생산공정을 구현할 수 있게 하였다.

### 2. 유동해석을 통한 설계 최적화

본 연구의 금형설계, 제작 대상은 업체에서 의뢰받은 두께 0.3mm인 RC비행기의 Battery Case이다. 이 제품은 너무 얇아 현장에서 사출성형하기 불가능했던 제품으로 CAE 유동해석 프로그램인 Mold-Flow로 해석하기 위해 3차원 CAD 시스템인 Solid-Works로 아래에 Fig.1과 같이 Modeling 하였다.

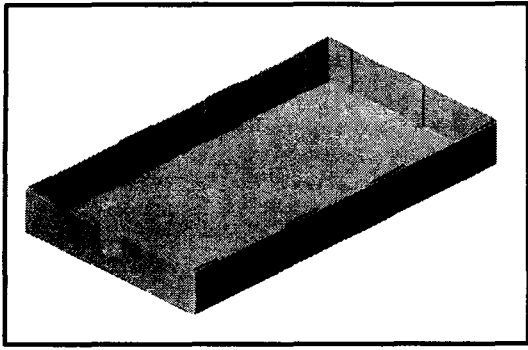
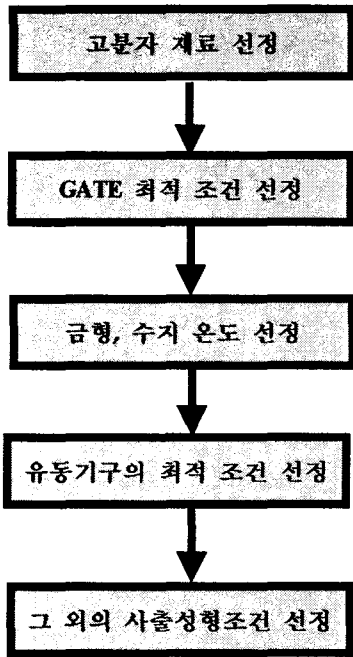


Fig.1 배터리 케이스

최적화 조건 도출 단계는 다음과 같다.



2-1. 고분자 재료의 선정

RC비행기는 소형 모형 비행기이므로 소재가 가벼워야하며, 작동을 할 때, Battery부분에서 열이 발생하는 것 등의 조건을 고려하여 난연 ABS수지와 PC(Polycarbonate)수지 중에서 유동성이 좋은 재료를 선정하였다. 결과는 Table.1과 같고 최적 재료 선정을 위해 다른 조건들을 모두 동일 시 하였다.

	ABS1	ABS2	ABS3	ABS4
Fill Time (sec)	0.19	0.19	0.18	0.18
Injection Pressure (Mpa)	92.81	81.93	60.82	69.66
Cycle Time (sec)	3.22	3.22	3.22	3.22
Weld Line	YES	YES	YES	YES
Air Trap	YES	YES	YES	YES
Quality	1	2	4	3

Table 1. 수지에 따른 비교

Table 1에서 보는 것과 같이 모든 해석조건을 동일시켰을 경우 수지5가 피집압력이나 품질면에서 제일 우수하고 그에 비한 Fill Time시간이 짧았다. 얇은 제품은 그 두께로 인해 빠른 시간에 냉각이 되므로, 고속사출을 해야 한다. 선정된 수지5는 LG-Chemical의 Lupoy Hi-1002로, 내충격성과 내열성이 강한 재료이다.

2-2. GATE 최적 조건 선정

먼저, 적정 게이트의 위치를 해석을 통해 결정하고, 그 위치에 따른 개수, 게이트의 크기 또한 Computer simulation을 통한 해석으로 적정 조건을 찾았다. Table 2.는 여러 가지 해석 중 게이트의 개수와 크기에 따른 결과를 분석하여 나타낸 표이다.

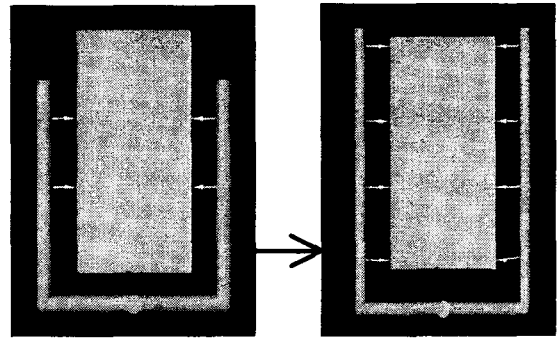
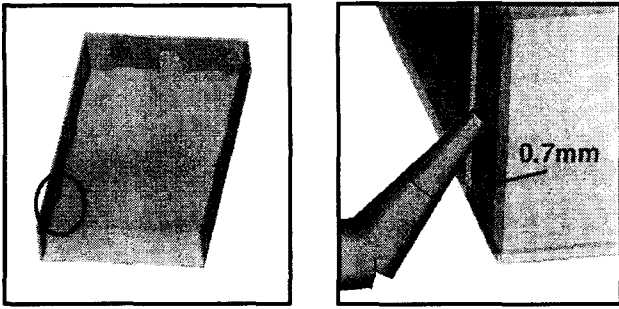


Fig. 2

	4개 5mm	4개 3mm	8개 5mm	8개 4mm	8개 3mm
Fill Time (sec)	0.43	0.2	0.03	0.02	0.02
Injection Pressure (Mpa)	113.19	119.22	110.91	119.57	112.74
Cycle Time (sec)	4	4	3.98	4	4
Shot Volume (cc)	5.08	2.91	5.79	5.58	3.17
Quality	보통	보통	다소 나쁨	다소 나쁨	매우 나쁨
fill Confidence	Green	Green	Green	Green	Yellow

Table. 2. Gate개수에 따른 비교

Fig 2.와 같은 과정을 수없이 겪으면서 도출된 최적 결과는 Fig 3.과 같다.



< 위치 > < 크기 >

Fig 3. GATE의 최적화 조건

Gate의 위치는 Ejecting시의 문제를 고려하여 제품 Rib보강 부분의 중심위치로 여러 번의 해석을 거쳐 선정하였고, 크기 또한 수지 주입의 효율성을 생각하여 구배를 주어 Fig 3.과 같은 조건을 도출하였다.

2-3. 유동기구의 최적 조건 선정

2-2와 같이 도출된 게이트의 위치를 중심으로 먼저 Sprue의 위치를 정하고 수지의 유동경로를 고려하여 Runner의 방향을 정하였고, 알맞은 크기를 여러 번의 유동해석을 거쳐 Fig 4.와 같이 최적 조건을 도출하였다.

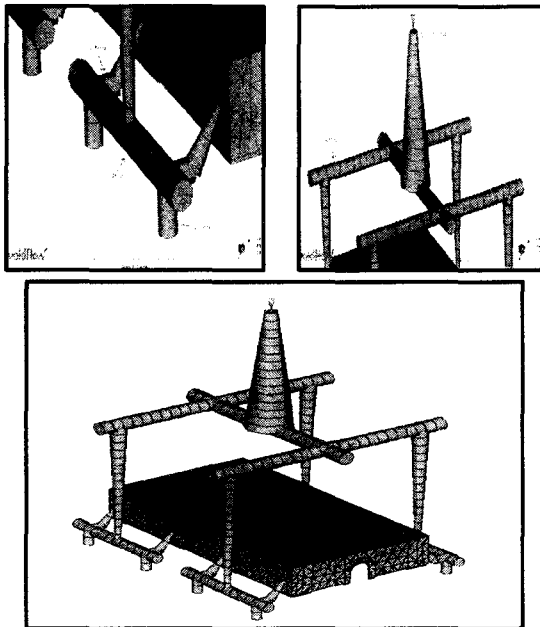


Fig 4. 유동기구의 최적 조건

2-4. 금형, 수지 온도 선정

정밀한 제품일수록 금형온도 설정에 의존하는 비율이 높다. 본 연구의 대상제품 역시, 초

정밀한 제품이므로 금형온도와 수지 온도의 조건 선정에 신중을 기하였는데, Table 3은 최적 금형온도와 수지온도 도출의 한 과정을 나타낸다.

	A	B	C	D	E
Melt Temp.	210	230	250	270	280
Mold Temp.	40	50	60	70	80
Fill Time(sec)	0.18	0.18	0.09	0.18	0.18
Injection Pressure(Mpa)	76.48	60.85	59.03	38.58	35.9
Cycle Time(sec)	3.18	3.22	3.26	3.32	3.42
Weld Line	YES	YES	YES	YES	YES
Air Trap	YES	YES	YES	YES	YES
Quality	1	2	3	3	4
fill Confidence	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green

Table 3 금형 온도와 수지온도에 따른 비교 위와 같이 과정을 거쳐 도출된 최적 조건은 다음과 같다.

- 금형온도 : 120℃
- 수지온도 : 320℃

2-5. 그 외의 사출성형조건 선정

앞에서 도출된 금형설계와 더불어 성형 조건을 함께 설정해 줌으로써, 제품성형의 완성도를 높일 수 있다. 더욱이 본 연구의 대상제품은 0.3mm의 아주 얇은 제품이므로, 도출된 금형설계의 조건과 함께 시너지효과를 낼 수 있도록 하는 성형 조건의 선정 역시, 중요한 변수 중에 하나이다. 이 성형 조건을 도출하기 위해 Computer Simulation방법을 사용하였고, 금형설계과정에서 성형담당자가 함께 참여를 함으로써, 금형설계의 시행오차를 감소 시켰다.

도출된 조건은 다음과 같다.

- 사출속도 : 120℃
- 사출압력 : 320℃

3. 금형 설계

유동해석을 통해 도출된 조건을 바탕으로 3매 구성 금형으로 설계 하였다.

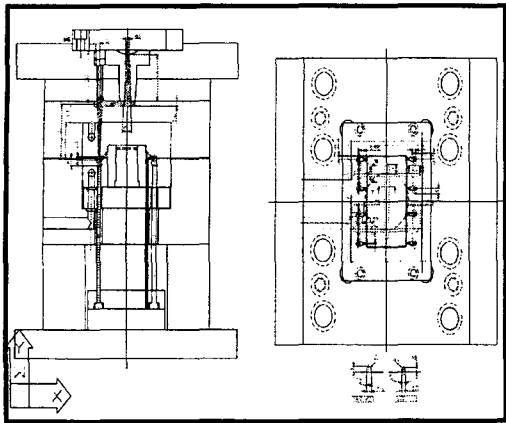


Fig 5 전반적인 금형설계의 모습

위낙 얇은 제품이므로, 보통 금형설계와 다르게 주안점을 둔 점은 아래와 같다.

### 3-1. 냉각 채널의 설계

금형 내부 온도 및 수지 온도 조절에 효과가 있는 냉각채널은 보통 금형의 경우 냉각수 입구온도와 출구 온도의 차이가 적어지는 편으로 설계를 한다. 하지만, 본 연구의 대상 제품은 위낙에 얇은 제품이므로, 빠른 속도로 냉각될 우려가 있다. 냉각속도의 현저한 차이로 인해 생기는 Short shot이나 과도한 수축, 등의 문제가 생기므로 본 연구에서는 그런 문제들의 해결방안으로 금형의 온도를 유지시켜주는 역할을 담당할 간단한 냉각수로를 설계하였다.

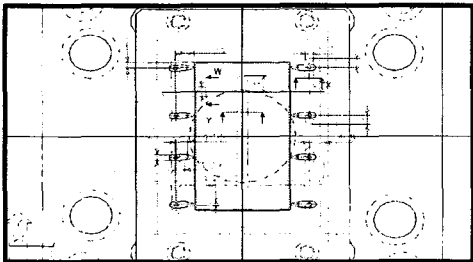


Fig 6 . 냉각 수로의 설계

### 3-2. Eject Pin의 위치

성형된 제품을 금형 가동측 형판으로부터 다른 부품으로부터 후퇴시키는 Ejecting시키는 방법은 제품을 변형시키지 않고 신속하게 빼내어야 하며 밀어낸 자국이 외관상 문제가 되지 않아야 한다는 조건이 관건이다. 하지만 본 연구의 대상 제품은 0.3mm의 얇은 제품이므로 제품자체에 Ejector Pin을 위치시킨다면 제품의 파손, 또는 변형을 불러일으킨다.

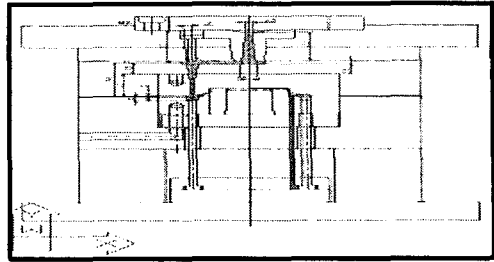


Fig 7 . Ejector Pin의 설계

위의 그림에서 보는 것과 같이 Ejector Pin을 제품자체에 위치시키는 것이 아니라 러너의 콜드슬러그 웰 부분에 위치시킴으로써, 제품의 파손과 변형을 방지하고 자국이 외관상 문제가 되지 않도록 설계 하였다.

## 4. 결론 및 고찰

본 연구는 금형설계와 제작의 모든 과정에서 동시설계(Concurrent Design) 방식으로 진행되었으며, 너무 얇아 현장에서 구현하기 어려운 0.3mm 극박판 성형을 CAE기술을 통한 유동해석으로 최적의 금형설계조건, 제품 성형 조건을 찾아내기 위해 수치선정에서부터 냉각설계까지 수없이 많은 변수를 달리하여 해석을 수행하였으며 그 결과를 금형 설계 및 성형에 적용시킴으로써, 최소한의 시행 오차를 통한 고부가가치 제품을 성형할 수 있었으며, 나아가 사출성형 산업에 초정밀박판 사출금형설계에 대한 비전을 제시하였다. 또한, 본 연구의 주어진 조건 보다 향상된 고압, 고속 사출의 여건이 된다면, 더 얇은 두께의 제품을 성형 할 수 있는 금형을 설계, 제작 할 수 있을 것이다. 이러한 기술은 정밀 제품 제작분야와 특히 현재, 우리나라의 주요 사업이 되고 있는 반도체 금형산업에도 큰 기여를 할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 유중학 외, 최신 사출금형설계, 동명사, 2001
- [2] 이호상 외, 사출성형 금형설계, 원창출판사, 2001
- [3] MoldFlow, Mold Flow Insight Manual, 2001
- [4] 엄장섭 외, Pro/Engineer, 영진 출판사, 2003
- [5] Prentice Hall, Graphics concepts with Solidwork, 2003