

전열을 이용한 금형가열코어의 제작 및 이를 이용한 성형품의 제조와 평가

김동학^{1*}, 류지원¹, 손영곤²

Fabrication of electrical heating mold core and evaluation of injection-molded parts by various mold heating methods

Dong-Hak Kim^{1*}, Ji-Won Ryu¹ and Young-Gon Son²

요약 본 연구에서는 전열을 이용한 금형가열 장치를 설계 및 제작하였다. 서로 다른 가열원을 가진 세 가지 방법으로 제작을 하여 시간에 따른 온도 프로파일을 조사함으로써 그 성능을 평가하였고, 이를 이용하여 사출성형품을 제조하여 수축률, 밀도, 표면 거칠기, Weld line 등을 측정하여 실용적인 적용 가능성을 조사 하였다. 가열시간(130°C 도달시간 14초) 및 사이클 타임(55초)은 실용화가 가능한 수준으로 나타났다. 일반 사출성형방식으로 성형한 제품과 비교했을 때 수축률은 전열을 이용한 가열방식으로 사출한 성형품이 5.1% 감소하였고, 밀도는 2.66% 증가하였다. 표면 거칠기는 3배 이상 향상 되었고, 일반 사출에서 나타나던 Weld line은 전열가열방식에서는 나타나지 않았다.

Abstract In this study we developed the electrical heating mold core by applying three different heating methods. In order to find out the optimal heating method, we observed the temperature profiles with time. We also injection-molded the parts by the heating methods and investigated the shrinkage ratio, density, surface roughness and weld-lines. The temperature rise time and cycle time showed the promising results for commercial applications(the rise time is 130°C/14sec, the cycle time is 55sec). By comparing with the conventional and gas flame heating method, the parts by this method were proven to have good qualities. The shrinkage ratio reduced by 5.1%, the density increase by 2.66%, the smoothness increased about 3 times, and the weld-line did not observed by naked eyes.

Key Words : the electrical heating, mold core, injection molding, weld line,

1. 서론

플라스틱 가공법 중 하나인 사출성형은 비교적 역사가 짧은 기술인 반면 가장 널리 사용되는데, 이는 사출성형이 1차 가공법 이면서 단순한 형상은 물론 복잡한 성형의 제품도 경제적으로 생산할 수 있고, 열가소성수지와 열경화성수지 모두 적용할 수 있기 때문이다[1]. 플라스틱은 다른 재료에 비해 가공이 용이하며, 전기 절연성, 내약품성 등이 우수하고, 착색이 용이하고 가벼운 장점이 있다. 이러한 성질들로 인하여 자동차, 가전제품, OA기기 및 기계부품 등에 사용하거나, 종전의 금속재료를 대체하는

등, 그 적용분야가 점점 증가해가고 있다. 이에 플라스틱 재료의 물성 개선에 대한 연구와 성형조건의 최적화에 관한 연구는 현재까지 진행되고 있다[2].

일반적으로 사출 성형품의 품질에 영향을 주는 인자는 압력, 속도, 위치(stroke), 시간, 수지의 온도, 그리고 금형의 온도 등이 있다. 이 중 성형품의 외관품질에 가장 큰 영향을 미치는 것이 금형 온도이다. 따라서 금형 온도의 조절이 성형품의 외관 품질 뿐만 아니라 치수 안정성 등의 품질에 결정적이다.

금형을 가열하는 방법에는 여러 가지가 있는데, 그 중 대표적인 것이 MmSH Process이다. MmSH(Momentary Mold Surface Heating) 공정은 금형표면을 순간적으로 가열 및 냉각하여 표면광택 및 기계적 물성을 일반 사출성형보다 뛰어나게 만드는 신기술이다[3,4].

¹순천향대학교 나노화학공학과

²공주대학교 신소재공학부

*교신저자: 김동학(dhkim@sch.ac.kr)

MmSH공정의 기체화염방식은 금형 캐비티 표면을 기체화염을 이용하여 순간적으로 가열하는 방식이다[5]. 이 방식은 기체화염을 이용하기 때문에 수초 내에 금형의 온도를 250℃ 이상 올려주는 장점이 있지만, 미세먼지 등 불순물이 사출성형품에 함유될 가능성이 있다. 또한 화염을 사용하기 때문에 MEMS(Micro Electro Mechanical System)공정이나 반도체 공정 등 Clean 환경에서 사용하기에 부적절 하다. 따라서 본 연구에서는 Clean 환경에서 사용하기에 적절한 전열식 금형가열 코어를 제작하였다. 또한 실용적 적용 가능성을 알아보기 위하여, 이를 이용하여 성형품을 제조하고 외관품질을 측정해 보았다.

2. 실험

최적의 전열식 금형 가열코어를 제작하기 위하여 3종류의 금형을 제작하여 열전쌍을 이용한 시간에 따른 온도 프로파일을 조사함으로써 그 성능을 평가하였다.

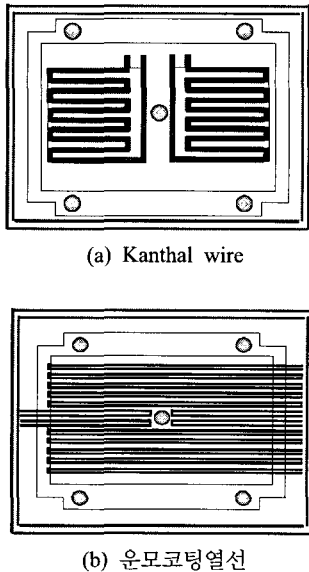


그림 1. 금형가열코어 개략도

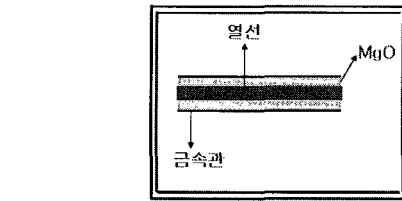
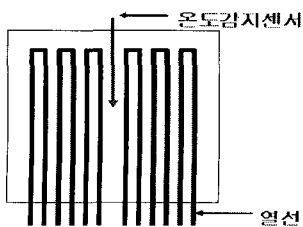


그림 2. MgO 충전 열선 이용 가열코어 개략도

그림 1은 금형가열코어의 개략도를 나타낸 것이다. (a)는 Kanthal wire를 열선으로 채택하여 제작한 것이고, (b)는 운모로 코팅된 열선을 이용하여 가열코어를 제작하였다. Kanthal wire를 이용하여 제작한 가열코어의 경우 금형과 열선의 단락을 방지하기 위하여 wire를 금형의 채널에 삽입한 후 Al₂O₃분말과 바인더 용액을 이용하여 채널을 코팅하였다. 운모로 코팅된 열선을 사용한 가열코어의 경우 열선 자체에 운모로 코팅이 되어 있기 때문에 따로 단락 방지 코팅을 하지 않았다.

그림 2는 금속관에 MgO를 충전한 열선을 이용한 가열코어의 개략도이다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 금속관에 열선을 삽입하고 금속관과 열선의 단락을 방지하기 위하여 빈 공간을 MgO로 충전하였다.

또한 채널에 삽입 후 남은 채널의 공간을 알루미늄으로 코팅하였다.

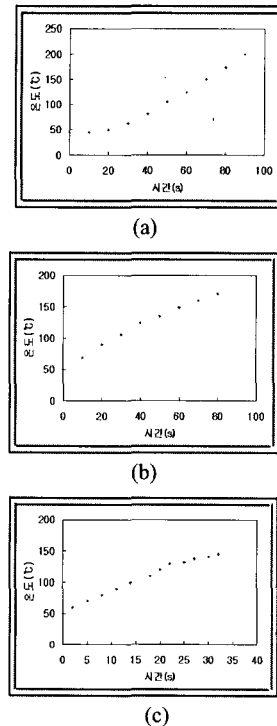


그림 3. 평가 금형별 온도프로파일. (a) Kanthal wire 방식, (b) 운모코팅 열선, 그리고 (c) MgO 충전 열선 방식.

그림 3은 각각의 금형가열 코어별 온도프로파일을 나타낸 것이다. (a) Kanthal Wire를 이용하여 제작한 테스트 금형에서는 150℃까지 도달 시간이 70초가 걸렸고, 반복하여 실험을 하는 동안 코팅하였던 Al₂O₃가 떨어지는 현상이 발생하였다. (b)운모코팅 열선의 경우 150℃도달 시간이 60초로 Kanthal Wire 보다 10초 단축이 되었지만 온도가 올라갈수록 열선의 휨이 발생하였고, 이로 인하여 금형과 열선이 벌어지는 현상이 발생하였다. 또한 전기적 단락으로 인하여 열선이 끊어지는 현상도 발생하였다.

(c)는 MgO 충전 열선을 이용하여 제작한 테스트금형의 온도프로파일이다. 150℃도달 시간이 31초로 앞의 두 테스트 금형보다 가열시간이 월등히 나아졌고, 두 테스트 금형에서 발생하였던 문제점들이 발생하지 않았다. 따라서 (c) MgO 충전 열선을 이용하여 사각시편금형을 제작하여 사출성형품을 제조하여 외관품질을 관찰하였다.

실험에 사용한 사출성형기는 현대정공주식회사의 SPE250 으로 직압식 수평형 타입이다. 이 금형은 two cavity 형태로서 한쪽 캐비티(cavity)는 가로, 세로 모두 120 mm, 두께는 3 mm로 제작되었고, 다른 한쪽 캐비티는 금형표면의 전사성을 알아보기 위하여 캐비티의 1/2을 embossing 처리를 하였다.

그림 4는 실험에 사용한 사각시편의 개략도이다.

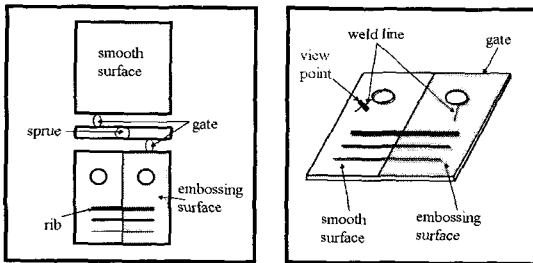


그림 4. 실험에 사용한 사각시편의 개략도

실험에 사용된 수지는 Dow chemical의 HIPS 로서 흑색 master batch를 2 phr를 혼합하였다. 금형온도를 제외한 사출압력, 보압, 속도, 시간은 Table 1과 같이 설정하였다. Table 2.는 가열 온도 및 cycle time을 나타낸 것이다.

시편은 각각의 금형온도별로 정상적인 사출상태가 이루어진 후 각 온도당 10개의 시편을 취출하여 표면 거칠기, 밀도, 수축률 등을 비교하였다. 표면 거칠기를 측정하기 위한 도구로는 Lotus과학의 TR100 Surface Roughness Tester 기를 사용하였다.

표 1. 사출성형조건

| | 압력 [kg/cm ²] | 속도 [%] | 보압 [kg/cm ²] | 사출시간 [sec] |
|--------|--------------------------|--------|--------------------------|------------|
| 일반성형 | 65 | 60 | 60 | 1.5 |
| 기체화염 | 65 | 60 | 60 | 1.5 |
| 전열식 가열 | 65 | 60 | 60 | 1.5 |

표 2. 가열온도와 cycle time

| | 일반성형 | 기체화염 | 전열식 가열 |
|------------|------|----------|----------|
| 가열온도 /시간 | - | 200℃/14s | 132℃/14s |
| Cycle time | 55s | 55s | 55s |

그림 5 전열식 금형가열코어의 시스템 개략도이다. 제어로 온도와 가열시간 등을 컨트롤 할 수 있다.

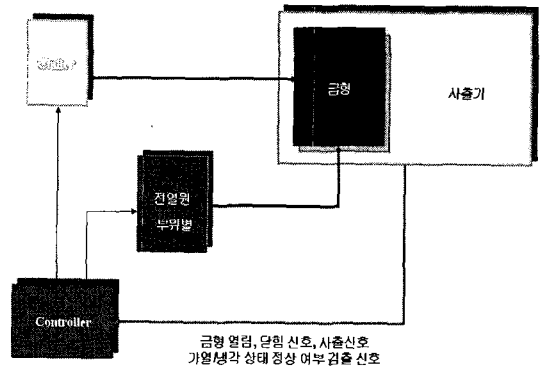


그림 5. 전열식 금형가열 코어 시스템 개략도

3. 결과 및 고찰

그림 6은 설계한 전열식 금형가열장비를 시사출하기 전에 촬영한 것이다. 사진에서 볼 수 있듯이 금형의 뒷면에 열선을 삽입하는 방식으로 제작하였다. 열선의 구조는 금속관에 열선을 삽입하고 전기적 단락을 막기 위하여 열선과 금속관 사이를 MgO로 충전하였다. 또한 채널에 열선을 삽입하고서 남은 공간은 알루미늄으로 코팅하여 열선의 휨과 떨어짐 현상을 막았다. 그림 7은 사출시 controller에 나타난 각 cycle당 시간에 따른 온도 그래프를 나타낸 것이다. 그림 4에서 보면 앞서 Table 2.에 나타낸 것처럼 온도의 최고점이 134℃ 가량 되는 것을 볼 수 있고, 1 cycle당 55s 가 걸리는 것을 볼 수 있다. 1cycle

time이 55s 가 걸린다는 것은 충분히 상용화 가능성이 있다고 볼 수 있다.

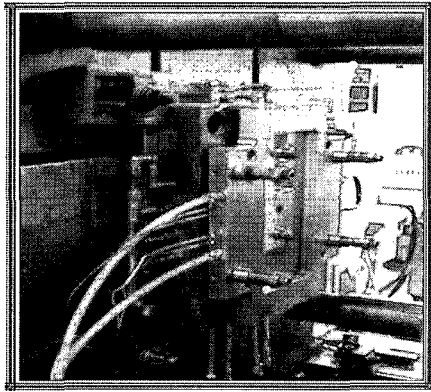


그림 6. 전열식 금형가열 코어

그림 8은 성형방식에 따른 각각의 성형품의 수축률과 밀도를 비교한 것이다. 일반 사출성형품 보다 전열을 이용한 금형가열 코어방식이 5.1%의 수축률 감소를 보인 것을 알 수 있다. 또한 밀도에서는 전열을 이용한 금형가열 코어방식으로 사출한 성형품이 2.66%가량 증가하였는데 이는 금형의 온도와 수지

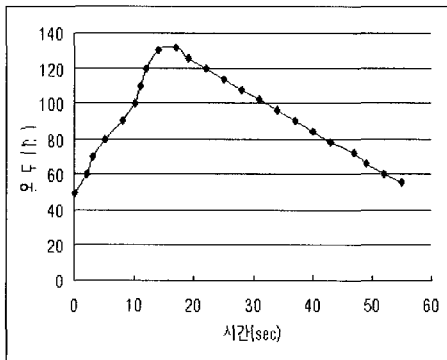


그림 7. 시간에 따른 온도변화(1cycle)

의 용융점이 같아지면서 수지의 유동성 향상으로 인하여 표면밀도가 증가한 것이다. 그림 9는 성형방식에 따라 거칠기를 측정할 것을 나타낸 것이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 일반사출성형방식보다 전열을 이용한 금형가열 코어 방식이 거칠기가 2.7배 감소한 것을 볼 수 있다.

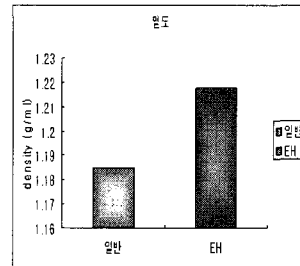
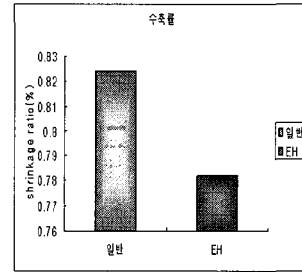


그림 8. 성형방식에 따른 수축률 및 밀도비교

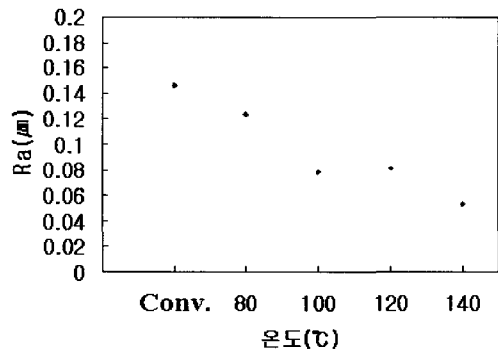


그림 9. 성형방식(금형온도)에 따른 거칠기

4. 결론

기존의 기체화염을 이용한 사출성형 방식의 경우 미세 먼지 등이 함유되고, 광학용 등 청정 환경이 필요한 성형품의 경우 불꽃을 사용하는 방식으로 인하여 그 사용이 제한되었다. 그리하여 본 연구에서는 전열식 금형가열코어를 설계하여 테스트한 결과 원하는 온도인 130°C까지 약 14초에 도달하는 것을 볼 수 있었고, 냉각 시간까지 고려한 1cycle time을 볼 경우 55s 로서 충분히 상용성이 있는 것을 알 수 있었다. 또한 성형품의 수축률과 밀도, 표면거칠기 등 외관품질에서 보았을 때 기존의 금형가열 방식인 기체화염방식에 뒤떨어지지 않는 것을 알 수 있었다. 이는 기존의 기체화염 방식과 비교했을 때 cycle time 에서만 약간의 차이가 있을 뿐 성형제품의 경우 거

칠기 및 수축률, 밀도에서 기체화염과 동등한 제품을 얻을 수 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 전열식 가열 방식은 청정 환경에 적합한 사출성형 기술이라고 볼 수 있다.

참고문헌

- [1] S. Y. Kienzle, "Polymer blend and Alloy", Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, 1988
- [2] 유동형, "21세기의 일본 乘用車 開發 방향", 자동차경제 제 115호, pp. 401-412
- [3] 유영은, "사출성형에서의 금형온도의 영향 및 고온의 금형 이용을 위한 공정", 폴리머저널, 통권 27호, pp10-18, 2001.
- [4] Kang, M. H., D.-H. and Y. H. Chun, "wonder injection molding with MmSH process", ANTEC 2000, 3841, 2000.
- [5] Kim,D.-H., M. H. Kang and Y. H. Chun, "development of a notebook PC housing by using MmSH process", ANTEC 2001, 2001.

김 동 학(Dong-Hak Kim)

[정회원]



- 1986년 : 서울대학교 화학공학과 (공학사)
- 1988년 : KAIST 화학공학과 (공학석사)
- 1993년 : KAIST 화학공학과(공학박사)
- 1993 ~ 1998년 : 제일모직 화성 연구소 가공기술팀

- 1998년 ~ 현재 : 순천향대학교 나노화학공학과 부교수

<관심분야>

고분자 가공, 유변학 및 이동현상

류 지 원(Ji-Won Ryu)

[정회원]



- 2004년 2월 : 순천향대학교 화학공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 순천향대학교 화학공학과 (공학석사)
- 2000년 5월 ~ 현재 : (주)루디스 기술연구소 생산관리/정제 전임 연구원

<관심분야>

고분자 가공, OLED

손 영 곤(Young-Gon Son)

[정회원]



- 1988년 : 서울대학교 화학공학과 (공학사)
- 1990년 : KAIST 화학공학과 (공학석사)
- 1998년 : 서울대학교 화학공학과 (공학박사)
- 1990 ~ 1998년 : 제일모직 화성 연구소 가공연구팀

- 1998 ~ 2000년 : U. Connecticut Institute of Materials Science
- 2002 ~ 2002년 : National Institute of Standards and Technology
- 2002년 ~ 현재 : 공주대학교 신소재공학부 부교수

<관심분야>

고분자 가공 및 유변학