

MCPs 사출 제품의 Gate 부근에 발생하는 Gas Flow Mark 개선을 위한 사출성형 공정 연구

현창훈*(연세대), 차성운(연세대), 이동욱(연세대), 박연우(프라코)

A study for improve MCPs product surface about injection process

C. H. Hyun*, S. W. Cha#, Y. W. Park**

ABSTRACT

Micro Cellular Plastics create a sensation at polymer industrial for lowering product cost & overcoming a lowering of mechanical intensity. This research is surface quality research of MCPs product Through surface rough measurement. This experiment is carried out according to injection speed control with the surface rough & Product surface quality are searched

Key Words : MCPs (Micro Cellular Plastics, 초 미세 발포 플라스틱), Surface rough (표면 거칠기), Product surface quality (표면 품질), Gas flow mark (가스 흐름 자국)

1. 서론

(돋움체 10pt 또는 Times New Roman 10pt)

현대사회에 들어 서면서 플라스틱은 산업사회와 우리의 일상생활에서 가장대중적으로 사용되는 소재이다. 하지만 현재 플라스틱의 원료가 되는 석유 자원의 고갈과 환경오염에 대한 문제로 플라스틱 재료의 절감에 대한 필요성이 대두 되고 있는 것이 주지의 사실이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 1980 년 MIT 에서 개발되었다. 이 MCPs 기술은 플라스틱 제품내에 다수의 기포를 생성하는 공법으로 기포의 직경 크기를 10 μm 이하로 만들어 발포시키는 방법이다. 기포를 만들 때도 환경 친화적인 가스(N_2 또는 CO_2 등)를 사용하여 공기를 오염시키지 않는 장점을 가지고 있다. 게다가 기포의 크기가 작기 때문에 기존 발포 기술의 한계로 지적되던 기계적 강도의 저하 역시 거의 발생하지 않는다. 게다가 초미세 발포 공법은 기존 발포 공법이 지나고 있던 단열 성능 향상, 방음 성능 향상, 재료비 절감, 인성 등을 좋아지게 만드는 장점 역시 가지고 있기 때문에 새로운 대안으로 각광 받고 있는 실정이다.

이러한 MCPs 사출 성형 기술이 현재 점차 그 적용 범위가 점차 넓어지고 있다. 하지만 사출 성

형 제품의 표면에 나타나는 Gas Flow Mark 로 인하여 MCPs 의 많은 이점에도 불구하고 그 대중화 속도가 늦은 것이 사실이다. 하지만 일부의 도장 제품에 대하여 그 적용 가능성이 보이는 상황에서 PP 제품 성형 발생하는 Gate 부근의 Gas Flow Mark 는 제품 표면에 도장 하였을 경우에도 그 현상이 도막 위로 보이는 것으로 인해 제품의 불량 원인으로 대두 되고 있다. 이러한 불량 원인을 해결하기 위하여 본연구를 통하여 사출기의 속도 제어를 통한 문제 해결 방안을 마련하며 그 원인을 분석하고자 한다.

2. 이 론

2.1 초미세발포 공법

초미세 발포의 원리는 플라스틱 재료 내부에 고압. 저온의 가스를 용해시킨 후 압력을 높이거나 온도를 높여 열역학적 불안정 상태를 유발시킴으로써 용해도 차이에 의해서 플라스틱 내부에 기포가 생성되도록 하는 것이다.

기존의 발포 성형에 비해 많은 장점을 갖는 초미세 발포 공법을 산업 현장에 적용하기 위해서는 압출성형과 사출성형과 같은 양산 기술에 접목이 되어야만 한다.

Fig1 은 초미세 발포 공정을 사출성형에 접목한 개념도 및 부분 사진이다. 플라스틱을 계량하면서 배럴의 일정 위치에 가스를 주입하면 특수하게 설계된 스크류로 인해 배럴 내부에서 플라스틱과 가스가 하나의 용액으로 혼합된다

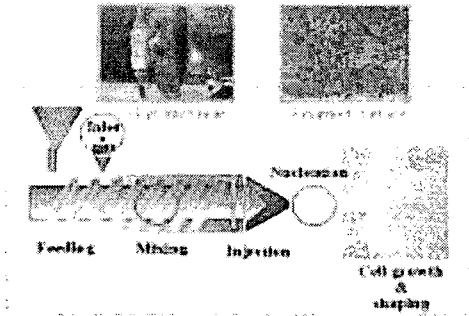


Fig. 1 Micro Cellular Plastics Injection Molding Process

그 후 이 고분자/가스 용액을 핵생성을 고려한 노즐을 통과시킨 후 금형 내부에서 발포시킨다. 이렇게 만들어진 발포 제품은 제품의 경량화 효과와 방음을 향상으로 인하여 플라스틱으로 만들어지는 모든 제품에 적용될 수 있다

2.2 Gas Flow Mark

2.2.1 MCPs 제품의 Gas flow mark

금형내의 수지의 흐름은 수지 중심부에서 분수와 같은 형식의 일반적인 점성 유체의 흐름과 동일한 형의 흐름을 가진다. 이때 수지유동의 끝단부에 Gas 가 발생하여 수지의 유동을 방해하여 빈공간이 생기게 된다. 이 빈공간에 의하여 빛의 굴절이 발생하고 Gas Flow Mark 가 보이는 것이다.

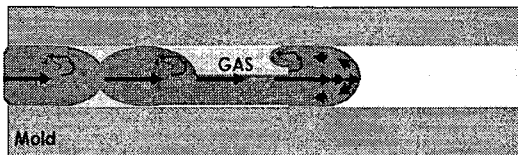


Fig. 2 Flow of MCPs Polymer in mold

2.2.2 Gate 부분의 Gas flow mark

협소한 Gate 를 지나 제품 단에 접어 들면서 수지의 유동속도가 높아 지고 수지내 압력이 급격하게 떨어 지면서 다량의 Gas 가 방출이 되며 이때 방출된 Gas 가 수지의 유동 선단을 따라 앞으로 밀려 가지 못하고 Gate 부근의 표면에 묻쳐 제품 표면에 진한 Gas flow mark 가 생성되게 된다.

이때 Gate 부분의 수지의 유동은 사출기로부터 나오는 수지량에 비하여 유동 선단면이 협소하여 유동속도가 시편의 다른 부분에 비하여 현저하게 빠르다 이러한 빠른 수지의 유속으로 인하여 방생된 Gas 가 유동선단으로 빠져 나가지 못하고 시편 표면에 다량으로 흡착되어 Gas flow mark 가 발생하는 것이다.

3. 실험

3.1 실험 목적

본 연구는 MCPs 제품의 최대 보안 점인 표면에 발생하는 Gas flow mark 를 개선하기 위하여 Gas flow mark 가 가장 심하게 나타나는 Gate 부분을 기준으로 하여 여러 사출 성형 조건 중 Gas flow mark 가 의 정도가 최저가 되는 사출 속도를 찾아내고 그 변수의 조절을 통해 최적의 조건을 도출하기 위하여 아래와 같이 실험하였다.

본 실험 연구는 일반적인 초미세발포 사출공정을 이용하여 MCPs 제품을 제작하였으며, 초미세발포사출 공정에 사용한 사출기는 120ton MCPs 전용 사출기를 사용 하였다.

3.2 실험 방법

3.2.1 수지 및 금형

대상 플라스틱 원료는 자동차의 운전석의 앞부분을 대부분 차지하는 Instrument Panel 에 적용되는 PP+tlac20%로 수지를 대상으로 하였으며 아래 그림과 같은 표면 품의 측정용 시편을 사용하였다.

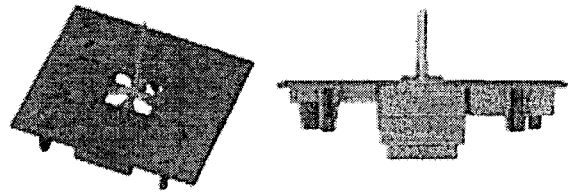


Fig. 3 3D Mold appearance

3.2.2 사출 성형 기본조건

사출기의 사출조건은 PP+Talc 수지의 권장 성형 온도인 230℃를 기준으로 사출하였다. 사출기 조건은 Table. 1 와 같이 설정하였으며 계량 조건은 Table . 2 와 같이 설정하였다.

발포제로는 초임계 질소(N2)가스를 사용 하였으

며 투입량은 3000psi 압력에 1 초간 0.25%wt 주입하였다.

	1	2	3	4	5
온도	230	220	210	195	180

Table. 1 condition of Injection temperature

순번 구분	1	2	3	4
속도%	70	90	90	70
압력 bar	60	90	90	60
거리 mm	5	20	173	180

Table. 2 Feeding condition of machine

3.2.3 Gas flow mark 측정

본 연구에서 다루고 있는 Gate 부분의 Gas flow mark 는 시편 표면 도장시에도 표면에 그 자국이 나타나 문제가 되는 부분이다. 이에 반하여 시편 전구간에 걸쳐 발생하는 Gas Mark 는 도장에 의하여 충분히 숨길수 있으므로 gate 부분의 Gas flow mark 는 단지 육안으로도 충분히 식별이 가능하기에 본 연구는 Gas flow mark 에 대한 초기 연구로서 표면 측정에 육안 검사만을 적용하였다.

3.3 실험 내용

3.3.1 사출성형 조건 변화 시험

대상 수지는 Gate 부근에 가장 심하게 Gas flow mark 가 생성이 되는 MT42TB 를 대상으로 하였으며 기본 사출 온도 조건은 Table. 1 과 동일하게 사용하였으며 사출 속도 조건은 Table. 3 와 같이 Gas 자국이 최소로 나타나는 사출 성형 속도를 찾기 위한 시험을 시행하였다.

순번 구분	1	2	3	4
1	90	90	90	90
2	50	50	50	50
3	20	20	20	20
4	10	10	10	10
압력 bar	90	90	90	90
속도%	10	10	10	10
5	20	20	20	20
6	10	10	10	10
압력 bar	20	20	20	20
속도%	5	5	5	5
7	10	10	10	10
8	5	5	5	5
압력 bar	5	5	5	5

Table. 3 injection condition of machine

3.3.2 주요 인자의 최적 조건 도출 실험

3.3.1 의 실험을 통해 얻어진 최적 사출 속도 조건을 이용하여 실제 사출 성형 조건과 비슷한 다단 사출 성형 조건을 이용하여 최적의 사출 성형 조건을 찾기 위하여 다음의 Table. 4 와 같은 조건으로 시험을 수행하였다 이때 Gas 투입 조건이나 성형 온도, 계량 조건은 앞에서 이루어진 실험 과 동일 조건으로 하여 시행하였다.

최초 조건 설정시 Gate 부근의 Gas flow mark 가 과도하게 발생하는 구간의 수지량은 전체 사출 량의 64%이다. 이러한 기준으로 최저 속도 구간을 결정하였을 때 180mm 에서 70mm 까지 총 110mm 의 거리가 최저 사출 속도 구간이 된다. 하지만 이러한 속도로 사출 하였을 때 전체 사출 시간이 길어져 최저 속도 구간의 최저 거리를 알아 볼 필요가 있다.

순번 구분	1	2	3	4
속도%	10	90	90	70
압력 bar	90	90	90	90

순번	위 치	초기	1	2	3	4	사출 시간
1			170	150			2.9
2			160	140			3.3
3	거리		150	130			3.8
4	(mm)	180	140	120	20	0	4.2
5			130	110			4.6
6			120	100			5.1
7			110	90			5.5
8			100	80			6.0

Table. 4 Real injection condition of machine

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 사출성형 조건 변화 결과

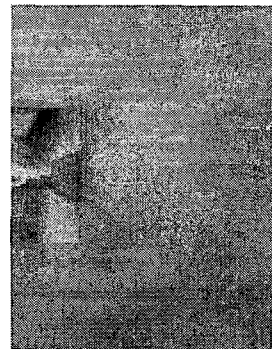


Fig. 4 high-speed injection Product Surface

사출 성형 조건을 조절하여 Gate 부근에 Fig4 와 같은 Gas flow mark 가 사라지는 경우의 사출 성형 시 조건을 도출 하였다.

각 조건에 따른 사출 성형시 충전에 걸리는 시간은 Table. 5 와 같다.

순번 구분	1	2	3	4	5	6	7	8
속도 mm/sec	75	50	26	17.6	16.2	14.2	9.1	7.2
시간 (sec)	2.4	3.6	6.9	10.2	11.1	12.7	19.8	25.1

Table. 5 result of experiment (speed & time)

시편 표면의 Gate 부근에 Gas flow mark 가 없게 되고 전 시편 구간에 대하여 균일한 형태의 gas 자국이 생성되는 최저 사출 속도는 tabl. 5 의 조건 중 4 번 시험 조건이 만족하는 것으로 나타났다.

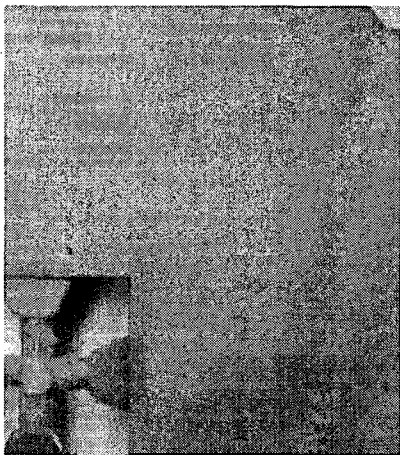


Fig. 5 injection Product Surface

하지만 table. 5 에서 보는 바와 같이 전체 사출 시간이 2.4 초에서 10.2 초로 현저히 증가 하는 것을 볼 수 있다. 이러한 사출 시간이라면 실제 양산 적용시 생산시간이 과도하게 증가하여 MCPs 의 주요 목적인 생산 시간 단축과는 거리가 멀어 지게 되는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 사출 속도 조절시 최초 Gate 부분에서만 사출속도를 최저로 하고 나머지 부분에서는 기존의 고속 사출을 시행 하는 방법이 적당하다고 하겠다.

4.2 주요 인자의 최적 조건 도출 및 결과

최저 속도 측정 시험을 통하여 측정한 최적 속

도 구간의 실제 사출 성형 조건하에서의 적요 시험을 통하여 각 시험 조건에 따른 사출 시간은 table. 4 에 같이 도시하였다.

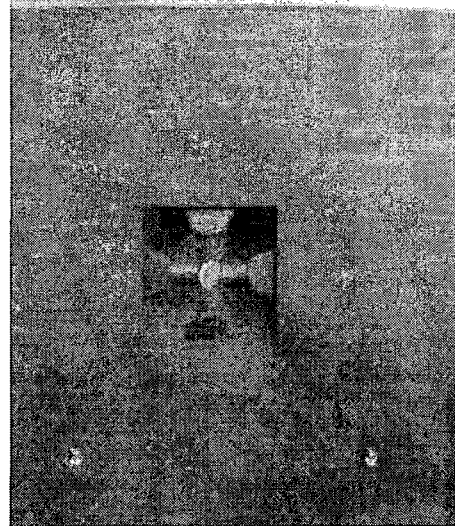


Fig. 6 injection Product Surface

최적 다단 사출 조건은 table. 4 에서 3 번 조건이며 총 사출 시간은 3.8 이다.

3 번 조건에서의 최저 사출 구간은 180mm 에서 150mm 까지의 협소 구간이며 최초 180mm 에서 70mm 까지의 구간과 비교 하였을 때 아주 적은 구간이라 하겠다

이 원인은 Fig. 7 의 MPI 유동 해석 결과에서 각 구간별 속도 해석 결과를 보는 바와 같이

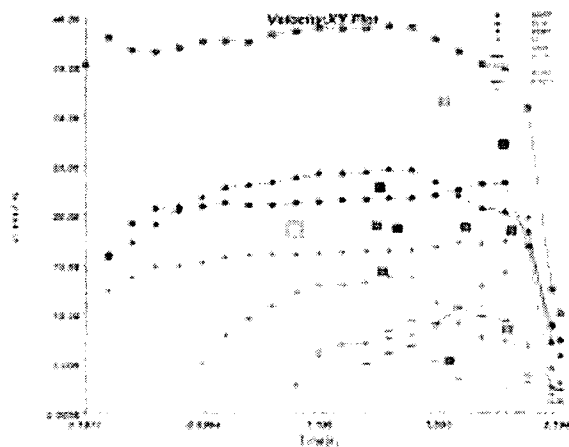


Fig. 7 Mold Flow MPI Analysis result of velocity

사출기에서의 수지의 흐름 구간에서 최초 Gate

부근에서 일정 거리까지는 고속 유동 구간이며 수지가 흐르면서 유동 면적이 넓어짐에 따라 사출 속도 또한 적어져 유동선단 면을 통해 Gas 가 밀려나가 Gate 부근에서 Gas flow mark 가 심하게 나타나며 여타 구간에서는 그 정도가 약하게 나타나는 것이다.

이러한 gate 부근의 고속 유동 구간의 수지 흐름 속도를 늦추어 줌으로 Gate 부근에서 발생한 Gas 가 유동선단 면을 따라 밀려 나가게 되어 기존에 발생하던 심한 Gas 자국이 개선되는 것이다.

참고문헌

1. Sung W. Cha, *Blow Process for forming a Three dimensional polymer product and foaming microcells at ambient temperature.* M. Thesis in Mechanical Engineering, M.I.T. 1994.
2. Sung-Woon Cha, Sang-jo Lee, Jae-Dong Yoon, *General Trend of Microcellular foaming Process?* 2nd Korea-Australia Workshop on Manufacturing Technology PP.131-136, 1999
3. Kelvin T. Okamoto, "Microcellular Processing," Hanser Gardner Publications, Inc. Cincinnati .
4. Chul B. Park, Daniel F. Baldwin and Nam P. Suh, *Polymer Engineering and Science*
5. Donald V. Rosato *Injection molding handbook?* second edition CHAPMAN & HALL