

가스분말사출성형 시 발생하는 Fingering 현상에 대한 연구 The Study of Fingering Phenomenon in GAPIM (Gas-Assisted Powder Injection Molding)

*박형필^{1, 2}, 김동한², #이계환³, 차백순², 이병욱¹, Jorge A. Tovar³

*H. P. Park¹, D. H. Kim², #K. H. Lee (khlee@utpa.edu)³, B. S. Cha², B. O. Lee¹, J. A. Tovar³

¹아주대학교 기계공학과, ²한국생산기술연구원 금형성형연구그룹,

³Manufacturing Engineering, University of Texas-Pan American

Key words : Powder Injection Molding, Gas-Assisted Injection Molding, Gas Penetration, Fingering

1. 서론

분말사출성형은 성형유동성 확보 및 최종 제품의 품질 문제로 인하여 금속 및 세라믹 재료를 10~30um의 매우 미세한 분말형태로 제조하여 사용한다. 이 분말은 일반적인 분말야금법에서 사용되는 150um 정도의 분말에 비하여 훨씬 비싼 단점을 가지고 있다.¹⁾ 최근 후속의 플라스틱 제품 성형에 적용하던 가스사출성형(Gas-Assisted Injection Molding) 기술을 분말사출성형에 적용하여 재료비 절감, 제품 품질 향상 및 고생산 구현을 위한 시도가 이뤄지고 있다. 가스분말사출성형(Gas-Assisted Powder Injection Molding)은 후속의 분말사출 제품 내부에 성형 중 가스를 주입하여 중공형상을 만들어 불필요한 분말재료의 소모를 줄여주고, 주입된 가스를 통하여 충분한 압력을 제품 내부로 전달시켜 고품질의 제품을 생산할 수 있다.^{2,3)} 또한 후속 제품의 박육화가 가능하여 탈지공정(De-binding) 소요 시간을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 분말을 이용한 가스분말사출성형(GAPIM)에 영향을 미치는 공정 변수들에 관한 연구가 이뤄지지 못하여 적용에 한계가 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 가스분말사출성형 시 수지온도(Melt Temperature), 샷 사이즈(Shot Size), 가스 압력(Gas Pressure), 가스지연시간(Gas Delay Time)과 같은 공정변수가 Fingering 및 가스침투길이에 미치는 영향에 대하여 알아보았다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 가스분말사출 장비 및 재료

본 실험에서는 Wax-polypropylene 바인더와 59 vol.%로 혼입된 SUS316L 분말혼합체(Cetatche,

Korea)를 사용하였다. 사출성형기는 독일 Dr. Boy사의 형체력 30ton인 Boy30M을 사용하였으며, 질소가스 주입을 위한 제어기로는 Tescom사의 ER3000을 이용하였다.



Fig. 1 Injection molding machine & gas control units

2.2. 다구찌 실험계획

본 실험에서는 공정 변수의 영향도를 평가하기 위해서 다구찌 기법을 사용하였으며, 공정변수인 수지온도, 샷사이즈, 가스압력, 가스지연시간 등 4개의 인자를 3수준으로 한 L9 직교배열표를 적용하였다. Table 1에는 각각의 인자에 대한 수준을 나타내고 있으며, Fig. 2에 3차원 제품도와 실험금형을 나타내고 있다.

Table 1 Molding Window

Level	Melt temperature	Shot size	Gas pressure	Gas delay
1	150 °C	69%	6.21 MPa	0.0 s
2	155 °C	72%	6.55 MPa	0.2 s
3	160 °C	75%	6.89 MPa	0.4 s

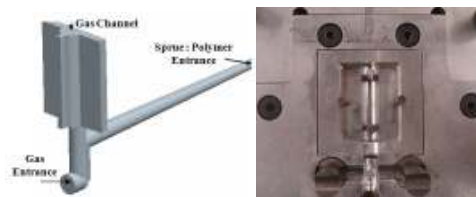


Fig. 2 Part & Mold Insert

3. 실험결과

3.1. 가스분말사출성형실험

Fig 3에는 가스분말사출성형을 통하여 성형된 제품의 내부 중공부의 단면을 나타내고 있다. 이때 중공부의 세로 길이는 가스침투거리이며, 가로 길이는 Fingering을 의미한다. 일반적으로 가스침투 거리는 제품에 설계된 가스채널부에 가스가 채워지는 기능부의 역할을 하며, Fingering은 가스채널부 이외의 부위로 가스가 침투되어 제품 기능을 저해하는 요인으로 알려져 있다. 따라서 다구찌 기법을 통하여 Fingering 효과는 망소 분석을 수행하였으며, 가스침투거리에 대해서는 망대분석을 수행하였다.

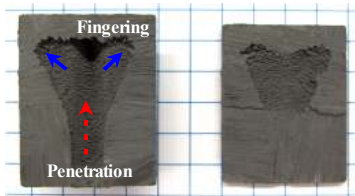


Fig. 3 Cross Section of Part

3.2. Fingering

가스가 침투하여 생기는 중공부의 너비, 즉 Fingering에 영향을 미치는 변수에 대한 망소 분석을 하였으며, 각 인자의 영향도를 Table 2에 나타내고 있다. Fig 4의 주효과도에서 보듯이, 슛싸이즈가 증가할수록 Fingering이 작게 나타났으며, 중간 수준의 가스지연시간에서 Fingering이 커졌다. 반면 가스압력 및 수지온도는 Fingering에 미치는 영향이 비교적 미비함을 확인할 수 있다.

Table 2. Process parameter rank of significance on fingering

	Melt T.	Shot S.	Gas P.	Gas D.
Portion	19%	38%	9%	34%
Rank	3	1	4	2

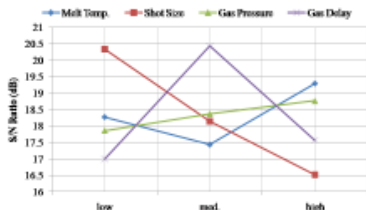


Fig. 4 Main effects plots on fingering

3.3. 가스침투깊이

다구찌 기법을 통하여 가스침투깊이에 영향을 미치는 변수들에 대하여 망대 분석을 하였으며, Table 3에 각 변수들의 영향도를 나타내고 있다. Fig. 5에 나타나듯이, 가스지연시간이 높은 수준일 때 가스침투깊이는 길어졌으며, 슛싸이즈는 수준이 높아질수록 가스침투깊이가 짧아짐을 알 수 있다. 가스압력 및 수지온도는 일정 수준 이상으로 높아질 때 가스침투깊이 영향이 미비함을 확인할 수 있다.

Table 3. Process parameter rank of significance on gas penetration

	Melt T.	Shot S.	Gas P.	Gas D.
Portion	14%	29%	16%	41%
Rank	4	2	3	1

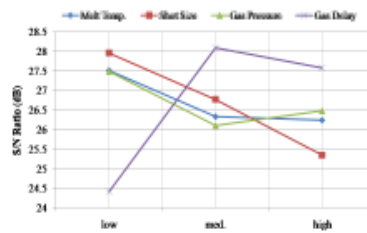


Fig. 5 Main effects plots on gas penetration depth

4. 결론

본 연구를 통하여 가스분말사출성형 시 공정조건들의 영향이 Fingering 및 가스침투깊이에 미치는 영향을 분석하였으며, 가스지연시간 및 슛싸이즈가 높은 영향을 미침을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 한국생산기술연구원 기관고유임무형사업과 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. German, R. M. "Injection molding of metal and ceramics." Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, 1997.
2. Qingfa, L. "Gas-assisted PIM." SIMTech Technical Report, 2000.
3. Michaeli, W. and Hopmann, C. "New perspectives for ceramic injection molding with gas injection." Advanced Engineering Materials, 2(12), 827-832, 2000.