

# 플라스틱 미세유체 플랫폼의 사출성형 공정조건 연구

## Effects of Processing Parameters in Injection Molding of Plastic Microfluidic Platform

\* #이봉기, 강석원

\* #B.-K. Lee(b.lee@chonnam.ac.kr), S. W. Kang

전남대학교 기계시스템공학부

Key words : Microfluidic Platform; Injection Molding; Numerical Simulation; Taguchi Method

### 1. 서론

최근 마이크로/나노 초소형정밀 제작기술의 발전과 함께 이와 같은 제작기술을 활용한 다양한 응용분야에서의 연구/개발이 활발하게 이루어지고 있다. 특히 화학, 생명, 의료 등의 분야와 미세유체역학을 접목한 미세유체 칩의 연구는 초소형 화학 반응기, 랩온어칩, 초소형 분석/진단 기기 등 여러 분야로 적용되고 있다. 특히 이와 같은 미세유체 칩을 적용함으로써 소량의 샘플/시약을 이용한 신속하고 정밀한 작업의 구현이 가능하게 되었다. [1] 또한 미세유체 칩의 제작에 마이크로/나노 플라스틱 성형기술을 도입함으로써 높은 생산성의 확보 및 일회용 플라스틱 미세유체 칩의 활용 등이 가능하게 되어, 실제 산업적 적용에 유리하게 되었다. [2] 본 연구에서는 작동 유체의 주입과 배출을 위한 연결구조가 일체화된 플라스틱 미세유체 플랫폼의 사출성형 공정[3]에 대한 수치해석을 수행하여, 주요 공정조건들의 영향 분석과 금형 코어의 개선 연구를 수행하였다.

### 2. 성형품 및 수치해석 방법

본 연구의 플라스틱 미세유체 플랫폼은 Fig. 1(a)의 개략도와 같으며, 마이크로 채널 및 관통홀, 연결구조 등을 포함하고 있는 두 개의 판들로 구성되어 있다. 이와 같은 두 판들은 Fig. 1(b)와 같이 이송시스템을 적용한 하나의 성형품으로 제작이 가능하다. 이를 위하여 두 개의 캐비티를 가지는 사출성형 금형 코어(Fig. 1(c))를 제작하고, 사출성형을 진행하였다. [3] 본 연구에서는 Moldex3D R11.0(CoreTech System

Co., Ltd.)를 이용한 3 차원 사출성형 해석을 수행하였으며, 747,968 개의 절점으로 구성된 총 750,241 개의 사면체 요소를 적용하였다.

### 3. 결과 및 토의

미세유체 플랫폼은 평판이 아닌 여러 구조물들을 포함하고 있는 판으로 구성되기 때문에 성형품의 변형이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 충전, 보압, 냉각, 및 이형과 같은 전체 사출성형 공정을 진행하였을 때의 최종 성형품의 변형에 영향을 주는 공정조건들의 영향을 확인하였다.  $L_{18}(2^1 \times 3^7)$  직교 배열표를 기반으로 한 다구치 방법[4]을 이용하여 Table 1 과 같은 각각 세 수준의 여섯 공정조건들의 영향을 분석하였다. 적용한 범위에서는 Fig.

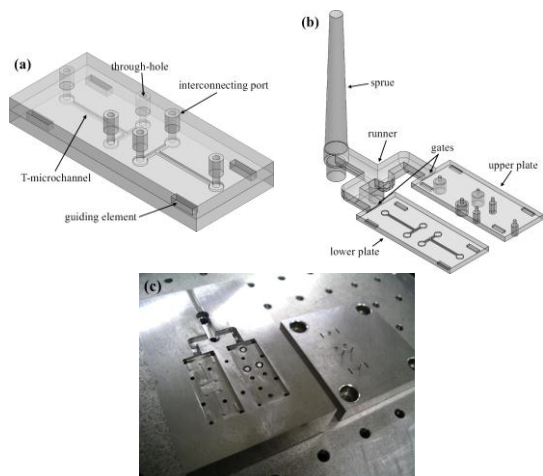


Fig. 1 Schematic illustrations of (a) microfluidic chip platform and (b) injection molded article, and (c) photograph of mold cores

Table 1 Comparison of measured roughness data

Parameter	Level	Level		
		0	1	2
A Filling time (s)		0.1	0.3	0.5
B Packing pressure (MPa)		50	75	100
C Packing time (s)		1	2	3
D Mold temperature (°C)		110	120	130
E Melt temperature (°C)		240	260	280
F Cooling time (s)		20	25	30

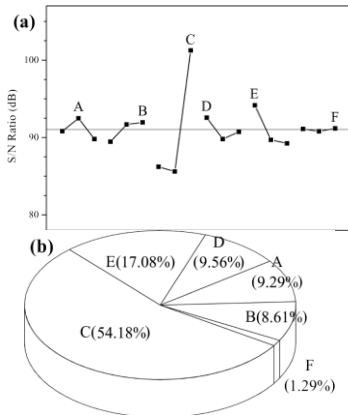


Fig. 2 (a) S/N ratio of processing parameters and (b) contribution chart

2의 결과와 같이 보압 시간의 영향이 50% 이상으로 가장 큰 것으로 나타났다. Fig. 3의 변형 분포에서와 같이 캐비티 부에서의 성형품의 변형은 대부분이 길이 방향으로 나타났으며, 이를 통하여 성형품에 포함된 여러 구조들의 영향은 크지 않으며 상대적으로 두꺼운 판 형상의 캐비티에서의 압력과 온도 변화가 더 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다. 하지만 캐비티의 부피에 비하여 게이트가 크게 설계되어, Fig. 4와 같이 보압 과정이 시작되고 끝나는 시점에서 캐비티 내부의 수지의 역류가 확인되어 좁은 단면적의 게이트의 적용이 필요한 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 미세유체 플랫폼의 제작을 위한 사출성형 공정에 대한 수치해석을 통하여 성형품의 변형에 영향을 주는 공정조건의 분석 및 금형 코어에 적용된 게이트의 개선점을 확인하였다. 이를 바탕으로 향후 보다 복잡한 형상을 가지는 다양한 미세유체 칩의 사출성형 공정에 적용할 수 있는 기반을 마련하였다.

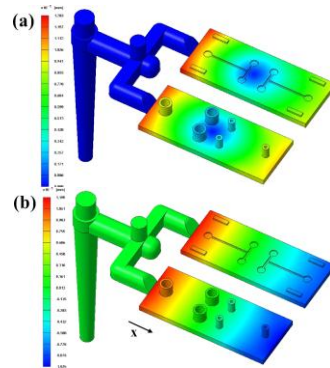


Fig. 3 Displacement of injection molded article: (a) total displacement and (b) x-direction displacement

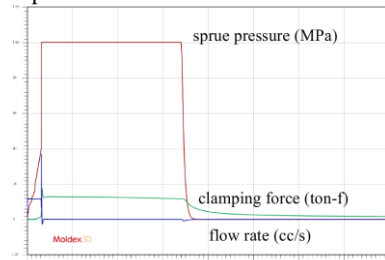


Fig. 4 Traces of sprue pressure, clamping force, and flow rate

#### 후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2012-0003495)

#### 참고문헌

1. Reyes, D.R., Iossifidis, D., Autoux, P.-A., and Manz, A., "Micro Total Analysis System. 1. Introduction, Theory, and Technology," *Analytical Chemistry*, **74**, 2623-2636, 2002.
2. Kim, D.S., Lee, S.H., Ahn, C.H., Lee, J.Y., and Kwon, T.H., "Disposable Integrated Microfluidic Biochip for Blood Typing by Plastic Microinjection Molding," *Lab on a Chip*, **6**, 794-802, 2006.
3. Lee, B.-K., and Kwon, T.H., "A Novel Monolithic Fabrication Method for a Plastic Microfluidic Chip with Liquid Interconnecting Ports," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, **20**, 105004, 2010.
4. Montgomery, D.C., *Design and Analysis of Experiments*, Wiley, 2001.