

식각 표면패턴의 사출성형에 관한 실험적 연구

황금중(전북대학교 대학원), 이희관(전북대학교 TIC), 양균의(전북대학교)

An Experimental Study on Injection Molding of Etched Surface Pattern

Jing-Chung Huang(Mech. Eng. Dept., CBNU), Hi-Koan Lee(T.I.C., CBNU), Gyun-Eui Yang(Mech. Eng. Dept., CBNU)

ABSTRACT

Molding properties of etched surface pattern are presented. Specimens, whose surface patterns are made by print-type etching, are investigated. The molding properties of surface pattern are estimated with roughness deviation of surface pattern on part and mold. The etching properties are related to physical properties of plastic materials and surface roughness of etched pattern. Also, flow mark and gate location can give influence on surface pattern molding. The experimental result can contribute to good molding of surface pattern in injection molding.

Key Words : etching(식각), surface pattern(표면 패턴), surface roughness(표면 조도), roughness deviation(조도 편차), flow mark(플로우 마크), weld line(웰드라인), jetting(제탕)

1. 서론

사출성형은 생산성이 높고 복잡한 형상의 제품 생산 등에 유리하여 프레스 성형을 대체해가고 있으며, 엔지니어링 플라스틱의 개발과 성형의 박막화 등을 통해 강도가 높고 정밀한 제품을 생산하기에 이르렀다.[1-4] 최근에는 통신기술의 급속한 발전과 함께 컴퓨터 기기 산업의 사출제품들은 단소경박한 특징을 가지고 있으며,[5-11] 이를 위해 성형품의 기하학적 치수 변형을 μm 단위로 제어할 수 있는 미세 사출성형에 관심이 고조되고 있다.[12]

그러나, 사출성형품의 표면패턴에 대한 연구가 저조하며, Moldflow, C-mold 등의 상용 해석 시스템에서도 표면 패턴에 대한 해석 등을 지원하지 못하고 있다.[13] 플라스틱 재료, 성형 조건, 금형 식각면의 표면 조도 등 복합적 요인이 영향을 주기 때문이다.[14]

본 논문은 금형의 표면 패턴이 사출성형품의 표면에 새겨지는 식각성의 연구를 위해 수지 재료, 성형불량 요인 등과 관련하여 실험하고, 식각면과 성형성의 관계에 대해 고찰하였다.

2 시편의 제작

시편은 일반적으로 사용되는 10종류의 플라스틱 재료를 1-6mm 두께로 60개의 시편을 제작하였다. 금형의 캐비티는 SCM-4 (JIS)를 재료로 사용하였고, 화학적 부식방식으로 식각했다. 부식액은 FeCl_3 , 농도 40%, 액체온도 30°C 이며, 저압 스프레이 식각장치를 사용하였고 식각 속도는 분당 $20\mu\text{m}$ 정도이다. 실험 시편의 사출성형 조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Injection molding conditions

items	conditions
machine	horizontal type, 3.5 oz
clamping force	80 ton
mold temperature	40°C (average)
cooling type	drawn into cooling water
plastics	PP, GPPS, LDPE, HDPE, AS, HIPS, ABS, POM, Nylon, PMMA
thickness of specimen	1,2,3,4,5,6 mm

시편의 표면 패턴의 표면조도에 대한 측정은 표면조도기로(Surtronic 3+, Rank Taylor Hobson) 측정하여 금형의 식각면의 표면조도와 비교하여 평가하였

다. 또한, 시편의 플로우 마크 등의 유동계적 측정은 윤곽 측정기(SVC 524, mitutoyo)를 이용하였다.

Fig. 1은 인쇄방식의 식각공정을 보여주고 있다. 인쇄방식에는 간접법과 직접법으로 나뉘는데, 간접법은 공정이 복잡하고 숙련을 요구하기 때문에 제한된 일부 분야에서만 적용되고 있다.

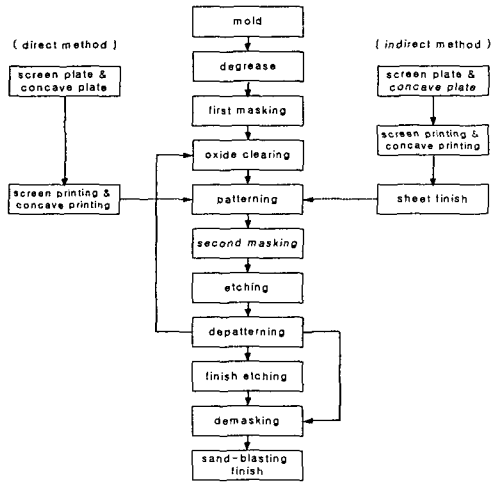


Fig. 1 print-type etching process

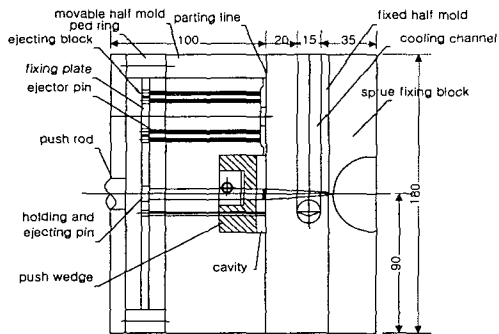


Fig. 2 Structure of injection mold

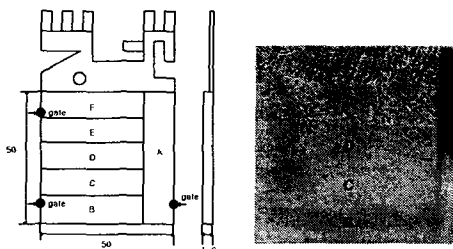


Fig. 3 Specimen

Fig. 2는 시편 제작에 사용된 금형의 구조로 2매

(2 plates type) 방식이다. 화학적 부식 가공 방식으로 패턴을 새긴 사출금형의 캐비티와 몰드베이스를 이용하여 제품 표면에 패턴을 성형한다.

3. 수지의 물성과 패턴의 성형성 평가

Fig. 3 (a)은 각 영역에 6개의 서로 다른 표면조도의 새틴 패턴(satin pattern)(Fig.3(b))을 성형했고 표면조도 Ra가 영역 A에서 0.5 μ m, 영역 B에서 2.0 μ m, 영역 C에서 3.0 μ m, 영역 D에서 5.0 μ m이다. 영역 E와 F의 패턴은 패턴을 보여주기 위한 것이다.

식(1)은 금형 식각면의 표면조도에 대한 각 재료와 영역 패턴의 표면조도의 산포도를 계산하는 식으로 평가할 수 있다.

$$D_{i,j,k} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (S_{i,j,k} - \sigma_{i,j,k})^2}}{n} \quad (1)$$

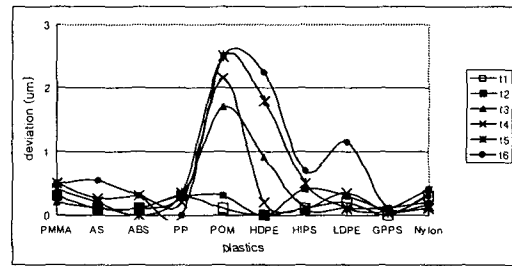


Fig. 4 Roughness deviation on area A

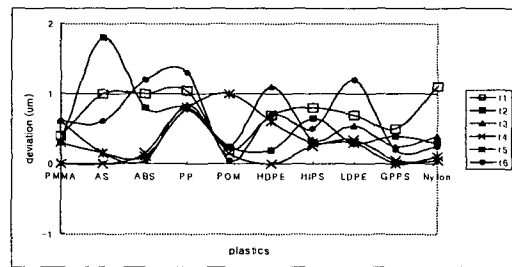


Fig. 5 Roughness deviation on area B

Fig. 4는 영역 A의 식각면 표면조도 0.5 μ m에 가장 근접한 재료는 GPPS이며, 식각면의 표면조도와 편차가 심한 것은 POM, HDPE, PMMA이다.

Fig. 5는 영역 B의 식각면 표면조도 2 μ m에 가장 가까운 재료는 GPPS이다. 반면, PP, AS, LDPE는 식각면의 표면조도와 편차가 크다.

Fig. 6은 영역 C의 식각면 표면조도 3 μ m에 가까운 재료는 GPPS, POM, PMMA의 순이다. 반면, PP, LDPE, Nylon은 금형의 표면조도와 편차가 심하다.

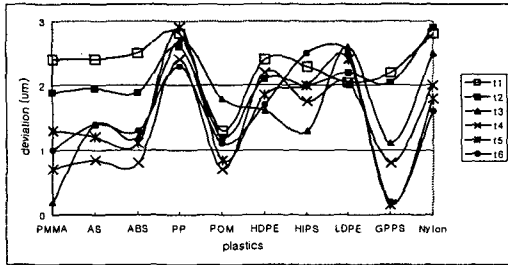


Fig. 6 Roughness deviation on area C

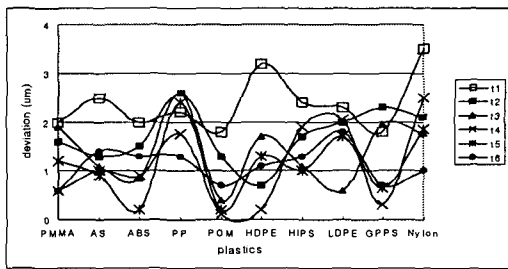
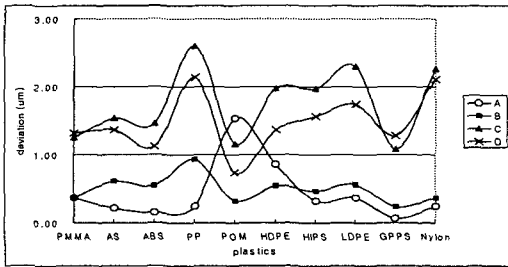
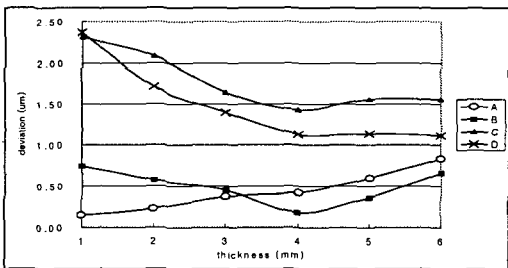


Fig. 7 Roughness deviation on area D



(a) average deviations by plastics



(b) average deviations by thickness

Fig. 8 Roughness deviations of surface pattern

Fig. 7은 영역 D의 식각면 표면조도 $5\mu\text{m}$ 에 가까운 재료는 GPPS, ABS, PMMA이다. 반면, PP, HDPE, Nylon은 식각면의 표면조도와 편차가 심하다. 전체적으로는 영역 C와 비슷한 경향을 보이고 있다.

Fig. 8은 각 시편이 각 영역에서 가지는 표면조도 편차의 평균을 보여주며, 식(2)를 이용해서 구했다.

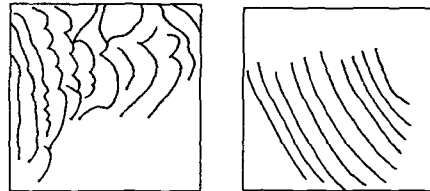
$$S_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^N D_{i,j,k}}{N_k} \quad (2)$$

Fig. 8 (a)을 보면 시편의 두께와 영역이 달라도 패턴의 성형성이 가장 양호한 것은 GPPS이지만, PP, Nylon, LDPE는 패턴 성형성이 나쁜 것으로 평가되었다. Fig. 8 (b)을 보면, 식각면의 표면조도 $0.5\mu\text{m}$ 에서 시편의 두께가 얇은 것이 패턴 성형성이 좋지만, 식각면의 표면조도가 $2.0\mu\text{m}$ 이상에서는 두께가 클수록 패턴 성형성이 좋은 것으로 평가된다.

5 표면의 성형불량과 패턴 성형성의 관련

5.1 표면의 성형불량의 영향

Fig. 9는 시편 표면에 존재하는 플로우 마크로 (a)는 6mm 두께의 LDPE에 존재하는 불규칙적 제적과 (b)는 5mm 두께의 PP에 존재하는 원호 제적이다.



(a) Random type(LDPE, t=6) (b) Arc type (PP, t=5)

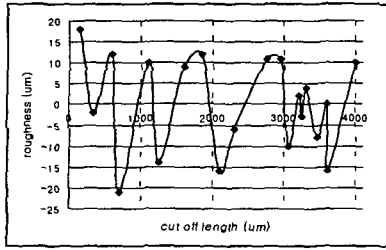
Fig. 9 Flowmarks of etching surface

Table 2는 제팅이 발생한 POM과 HDPE, 플로우 마크 제적이 남은 PP와 HIPS, 웰드라인이 존재하는 AS와 ABS에서 편차가 각각 $2\mu\text{m}$ 이상으로 성형불량이 적은 GPPS의 편차 $1.1\mu\text{m}$, $0.8\mu\text{m}$ 보다 매우 컸다.

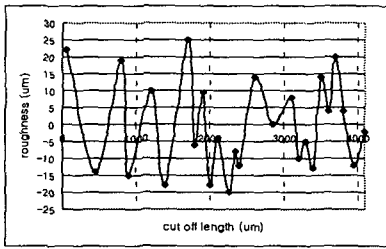
Table 2 Deviations in bad molding of surface patterns

		thickness	area	deviation
Good molding	GPPS	3	C	1.1
	GPPS	1	D	0.8
Jetting	POM	5	A	2.5
	HDPE	4	C	2.2
Flow mark	PP	3	C	2.7
	HIPS	6	C	2.5
Weld line	AS	1	D	2.5
	ABS	1	C	2.5

Fig. 10 (a)은 양호한 패턴 성형성을 가진 POM의 표면조도 상태이며, Fig.10 (b)은 불량한 패턴 성형성을 가진 PP의 표면조도 상태이다.



(a) Good molding of surface pattern on POM



(b) Bad molding of surface pattern on PP

Fig. 10 Profiles of surface pattern

5.2 게이트의 영향

Fig. 11은 3점식 게이트를 위한 패턴 성형성이 양호한 POM과 불량한 PP에 있어서, 각 영역의 최대 표면조도(H)의 분포를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 최대 표면조도가 우하단으로 집중되어 있다.

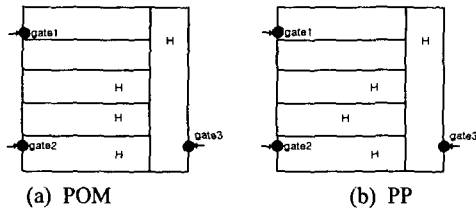


Fig. 11 Distribution of maximum surface roughness on each area

게이트가 2개 이상인 경우 사출성형에서 웰드라인이 필연적으로 발생한다고 알려져 있지만, 본 실험에서 사용된 3점식 게이트를 통해서 금형으로 용융수지가 주입되어 부 게이트 gate3 주변에서 혼합되고, 그 부근의 온도를 상승시켜 수지의 활동을 촉진 시킴으로써 부 게이트인 gate3 부근에서 웰드라인 및 제팅 등 성형불량이 발생하여 패턴 성형성이 특히 좋지 않은 것으로 생각된다.

6. 결론

1. GPPS는 사출물의 두께와 식각면의 표면조도 등의 조건이 달라도 표면패턴 성형성이 가장 양호하였는데, 수지 수축률이 적은 GPPS의 물성에 큰 영향

을 받았기 때문이다.

2. 금형의 식각면 조도가 큰 경우 박막 성형에서 패턴 성형성이 악화되었다. 이는 수지의 물성보다는 수지유동이 저하되어 플로우 마크 등 표면성형 불량 이 패턴 성형성에 영향을 미쳤기 때문이다.

3. 성형에 3점식 게이트를 적용할 경우 금형 식각면의 표면조도, 수지의 종류와 두께 등보다는 수지의 유동이 집중되는 부 게이트에서 표면조도가 가장 악화되어 그 부근에서 패턴 성형성이 불량했다.

참고문헌

- [1] 홍명용, 사출성형기술 I, 기전연구소, pp.32-33, pp.241, 1999
- [2] 이국용 외, 플라스틱기술, 성안당, pp. 175, pp. 155, pp. 284, 1999
- [3] 이성출, 플라스틱 사출성형조건 CONTROL법, 기전연구소, pp. 76, 2001
- [4] 조용무, 사출성형이론, 일진사, pp. 175, pp. 210, 2001
- [5] C. H., Kua, On the residual stress of thin-wall injection molded products, 6th FADMA conference No.77, 2001
- [6] Steve Tang, et al, On the solution of thin-wall injection molded pants-stress concentration and welding line control, 6th FADMA conference, No.73, 2001
- [7] Y. K., Shen, et al, Application of 3C product in moldflow analysis for the shell of mouse and mobile phone, 6th FADMA conference, No.32, 2001
- [8] S. C., Chen, et al, Simulations on structure performance of 3C thin-wall injection molded parts, 6th FADMA conference, No.38, 2001
- [9] C. T., Chang, et al, Drop-test simulations for 3C thin-wall parts, TMDIA conference, pp.175-180, 2000
- [10] T. W., Ye, et al, Study on moldflow analysis for micro gear, 6th FADMA conference, No.32, 2001
- [11] Y. K., Shen, et al, The study on micro-injection molding for grey relational analysis, 6th FADMA conference, No.34, 2001
- [12] H. Eberle, Micro-injection mould technology, kunststoff plast europe, pp. 1344-1346, 1998
- [13] S. Y., Chiou, The current trend of CAE technology in plastic injection molding, 6th FADMA conference, No. 106, 2001
- [14] C. C., Lee, et al, A knowledge-based CAD system for deliver design in injection molding, KSPE,spring conference, pp.723-726, 2001