

성형조건에 따른 성형품의 표면 거칠기 변화

박준형¹ · 김규복¹ · 윤세권¹ · 이현우¹ · 김선경[†]
서울과학기술대학교 제품설계금형공학과[†]

The Surface Roughness of Injection Product according to the change of Injection Conditions

Joon-Hyoung Park¹ · Kuy-Bok Kim¹ · Se-Kwon Yoon¹ · Hyeon-Woo Lee¹ · Sun-Kyung Kim[†]

Department of Mold Design and Manufacturing Engineering, Seoul National University of Science and Technology^{1,†}

(Accepted September 11, 2014)

Abstract : Currently, injection molding process is a very useful technique that be applied to many field. And injection molding technology has been commercial based on many studies¹⁻³⁾. However, there is no standard of surface roughness because there are few studies about surface technology of injection product. In addition, when designing the mold, changes of the core surface and the injection conditions are not considered. In this paper, change of surface according to the core and the injection conditions was compared with the surface of the injection product. Accumulation of these technologies will propose direction in mold design, manufacturing and injection molding technology .

Key Words : injection molding, surface roughness, injection condition, injection molding process

1. 서 론

현재 많은 금형 업계의 사출 성형과 금형설계 시 코어와 사출품의 표면거칠기의 관계를 생략하며 실제 업무에 적용하는 사례가 많이 있다. 사실 많은 제품은 사출품의 표면이 실제로 사용함에 있어서 중요하지 않다. 하지만, 제품디자인과 사용자의 촉감을 중시하는 사출품의 요구가 많아지고 있다⁴⁾. 이때는 주로 촉감이 좋은 수지에 의지하게 된다. 실제로 촉감이 좋은 수지는 비교적 가격이 올라가며, 생산단가를 높이는 결과를 초래하게 된다.

본 논문에서는 직접 금형을 제작, 여러 가지 시편을 만들어 코어와 사출 조건 별로 성형품의 표면거칠기를 비교 할 것이다. 여러 가지 데이터를 얻기 위해 금형은 인서트 코어 방식으로 설계될 것이며, 그에 따른 사출 조건을 변화시켜 가며 실제로 금형 코어의 표면 거칠기와 사출된 제품의 표면 거칠기 비교를 통해 표준화된 거칠기의 기준치를 제시하고

자 한다.

2. 연구 이론

2.1 재료

1) Core (코어)

코어의 재료로는 금형의 재료중에 가장 많은 비중을 차지하고 있는 STD11과 NAK80을 선정하였다.

(1) STD11

Table. 1에서 알 수 있듯이 STD11은 조직이 균일하고 고강도이며 품질이 좋아 사출금형의 Core로 가장 많이 사용되고 있다.

Table 1 Features and application of STD11

구분	STD11
특징	- 고정정도 및 고품질 - 우수한 내마모성 - 균일한 조직 - 균일한 경도
주용도	- 각종 다이스, 펀치, 물, 인몰용 - 사출금형에서 상, 하 CORE에 쓰임

^{1,†} 교신저자 : 서울과학기술대학교 제품설계금형공학과
E-mail : sunkkim@seoultech.ac.kr

(2) NAK80

NAK80은 경면연마성이 극히 우수하고, 방전가공면이 치밀하고 미려하여 경면성을 증시하는 투명 제품이나 OA기기 키보드, 비디오카메라, 전화기 등 방전가공면을 증시하는 제품에 널리 사용된다.

Table 2 Features and application of NAK80

구분	NAK80
특징	- 경면연마성이 극히 우수 - 방전 가공면이 치밀하고 미려
주 용 도	- 투명품등 경면성을 증시하는 제품 - 방전가공면을 증시하는 제품 (OA기기키보드, 비디오카메라, 전화기 등)

2) 사출수지 PP(Polypropylene)

PP(Polypropylene)⁵⁾은 외관은 폴리에틸렌과 비슷하지만, 경질이며 힌지 효과가 있다. 고주파 전기절연성이 뛰어나지만, 저온에서 충격에 약해진다. 폴리프로필렌에는 아이소택틱 구조, 어택틱 구조 및 신디오택틱 구조의 것이 있는데, 그 구조의 차이에 따라서 성질도 대단히 달라진다.

Table 3 Feature of PP(Polypropylene)

구분	PP(Polypropylene)
특징	- 비중 : 0.9-0.92 - 강도가 크고, 화학, 열에 견디는 성질이 우수 - 화장품 용기, 수화분상자, 주방 용구, 포장재료 등에 사용 - 각 수지 종류 중 환경 호르몬의 영향을 가장 적게 받음

2.2 표면 거칠기

1) 표면거칠기의 정의

기계 가공된 표면은 절삭공구의 날이나 연삭 슯돌의 입자 등에 의하여 표면에 오목하고 볼록한 기복이 생긴다. 어떠한 가공법에 의해서도 기하학적인 이상적인 표면으로 가공되지 않는다.

표면이 거친 것부터 아주 매끄러운 표면까지 다양하게 가공될 수가 있다. 따라서 이상적인 표면에서부터의 거칠기를 표면 거칠기라 한다. 기계 가공된 표면의 거칠기의 정도는 가공방법, 가공조건, 가공하는 절삭날 등에 따라 좌우되며 부품의 정밀도 등을 고려하여 도면에 표면 거칠기를 표시한다.

2) 표면 거칠기 측정방법

가공된 표면이 얼마만큼 정밀하게 가공되어 있는지를 측정하는 표면 거칠기의 측정방법은 Fig. 1에서처럼 최대높이(R_{max}), 중심선 평균거칠기(R_a), 10

점 평균 거칠기(R_z)의 세 종류가 있다.

3)실제의 조도

가공면에 실제로 나타나는 조도에 영향을 미치는 인자를 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 공작기계의 진동
- ② saddle 등과 같은 것에 의한 공구운동의 부정확
- ③ 이송기구의 불규칙성
- ④ 가공재료의 결합
- ⑤ 취성재료의 절삭에서 chip의 불연속
- ⑥ 연성재료를 저속에서 절삭할 때 가공면의 뜯김
- ⑦ chip의 유동에 의한 가공면의 손상

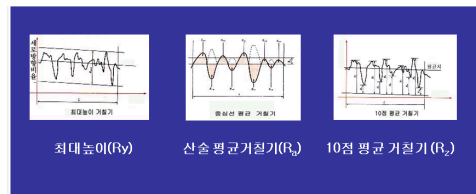


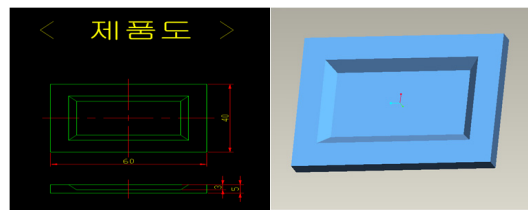
Fig. 1 Measurement method of the surface roughness

3. 금형 설계 및 실험 방법

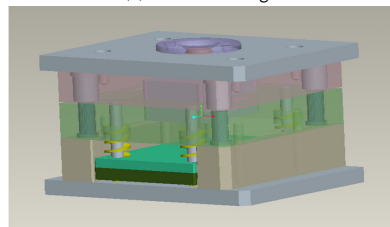
3.1 금형 설계 & 제작

1) 2D & 3D 설계

Fig. 2는 2D & 3D로 제품 및 금형을 설계한 도면이다. 2 Cavity의 Insert core 방식이며, 2단 금형의 형태를 취한다.



(a) Product design



(b) Planar design & assembly design

Fig. 2 Product design and mold design

2) 금형 제작

금형의 가공 중 Insert Core는 본 연구에서 가장 많은 비중을 차지하고 있다. Core의 표면 가공이 잘 되어야 측정 및 결과 값의 신뢰성을 확보하기 때문에 가장 중요한 부분이다.

평면연삭기를 사용하여 STD11과 NAK80으로 만들어진 코어의 두 면을 각각 연삭숫돌 #46과 #80으로 연마작업을 하였다. 연삭기 이외에도 그라인더, Sand Paper, Diamond Compound 등 여러 가지 연마 방법이 있었지만, 코어면의 균일한 거칠기를 얻기 위하여 평면연삭기를 사용하였다.

3) 성형 조건

사출기는 LG IDE140EN을 사용하였다. 사출기의 제원은 Table 4와 같다.

Table 4 Specification of injection machine

사출기명	LG IDE140EN		
최대사출압력	1550 kg/cm ²	스크류직경	45 mm
형체력	140 ton	최대 사출량	294 g
히터 용량	10.2 kW	전동기 용량	22 kW

성형조건은 사출온도, 사출속도, 사출압력의 3가지 조건을 변수로 정했다. 기준시편의 사출 조건은 Table 5와 같다.

Table 5 The injection condition of the specimen

사출 조건	사출속도 (124mm/sec)	사출압력 (1550kg/cm ²)	수지온도 (PP기준 300℃)
기준	20%(24.8)	40%(620)	200

Table 5를 기준으로 하여 기준시편의 사출 조건을 임의로 정해놓고, Table 6과 같은 조건으로 총 60가지의 시편제작을 하여 측정을 할 것이다.

Table 6 Injection condition

	사출속도 (124mm/sec)	사출압력 (1550kg/cm ²)	수지온도 (PP기준 300℃)
case 1	20%(24.8)	20%(310)	200
case 2	30%(37.2)	30%(465)	225
case 3	40%(49.6)	40%(620)	250
case 4	50%(62)	50%(775)	275
case 5	60%	60%(930)	300

4) 실험 방법

(1) 조도측정기를 이용한 방법

측정에 사용된 조도측정기는 미츠토요사의 SV-2000N2로 검출기 측정력0.75mN/0.4m이다.

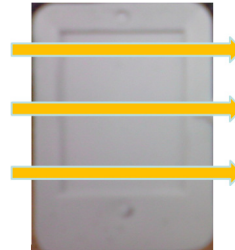


Fig. 3 The direction of measurement

Fig. 3과 같이 시편의 측정면을 3부분을 선정하여 조도측정기의 스타일러스가 4mm만큼 측정하여 얻은 값을 평균내어 조도 값을 얻었다.

(2)공구현미경을 이용한 방법

공구현미경을 통한 측정은 일단 측정 후 육안으로만 확인하여 거칠기 비교가 가능한지 알아보기 위해 실시하였다. 현미경의 배율을 300배, 1200배로 하여 STD11의 #46, #80 / NAK80의 #46, #80의 면을 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 공구현미경 측정결과

공구 현미경을 통해 코어와 시편의 거칠기를 측정해야 했지만 시편이 빛을 투과하지 못하고, 하얗게 나오는 현상이 발생하여 부득이하게 코어면만 측정하였으며, 결과는 Fig. 4와 같다.

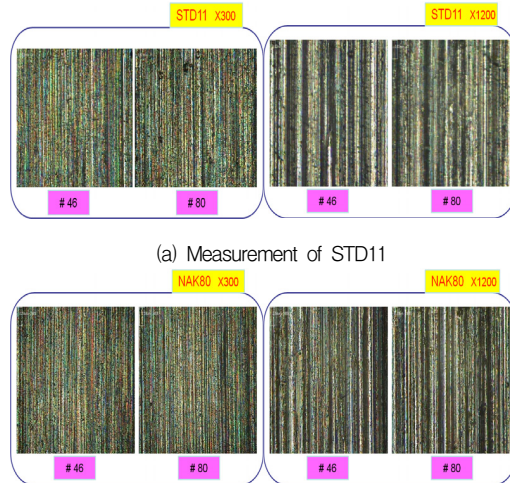


Fig. 4 Measurement of STD11 and NAK80

공구현미경을 통한 측정에서는 데이터 값을 통한 분석이 아닌 육안으로의 확인이 목적이었지만 Fig. 4의 그림에서 보듯이 시편간의 차이를 보이는 측정 결과가 나타나지 않았다.

4.2 조도측정기 측정결과

1) 표면 거칠기 비교

Table 7과 Table 8은 조도측정기를 이용한 측정결과이다. 60가지의 시편을 사출 조건에 따라 표로 정리한 것이다.

Table 7 Measurement of STD11

CORE 거칠기(Ra)		기준시편 거칠기(Ra)	
#46	#80	#46	#80
0.866	0.845	0.703	0.571

사출 압력에 따른 거칠기			수지 온도에 따른 거칠기		
사출 압력	거칠기		수지 온도	거칠기	
	#46	#80		#46	#80
20	0.724	0.627	200	0.634	0.614
30	0.801	0.694	225	0.627	0.535
40	0.750	0.690	250	0.605	0.542
50	0.791	0.648	275	0.553	0.561
60	0.690	0.620	300	0.591	0.591

사출 속도에 따른 거칠기		
사출 속도	거칠기	
	#46	#80
20	0.700	0.592
30	0.745	0.631
40	0.751	0.640
50	0.767	0.653

Table 8 Measurement of NAK80

CORE 거칠기(Ra)		기준편 거칠기(Ra)	
#46	#80	#46	#80
0.884	0.849	0.769	0.556

사출 압력에 따른 거칠기			수지 온도에 따른 거칠기		
사출 압력	거칠기		수지 온도	거칠기	
	#46	#80		#46	#80
20	0.680	0.556	200	0.737	0.603
30	0.707	0.616	225	0.711	0.600
40	0.718	0.608	250	0.689	0.600
50	0.720	0.584	275	0.693	0.580
60	0.721	0.538	300	0.691	0.567

사출 속도에 따른 거칠기		
사출 속도	거칠기	
	#46	#80
20	0.771	0.578
30	0.797	0.591
40	0.813	0.607
50	0.890	0.685

Table 7과 Table 8에서 알 수 있듯이 STD11과 NAK80 모두 다 거칠기의 차이, 성형조건의 변화를 주었음에도 불구하고 Core와 시편들과의 조도측정 값이 일치하지 않았다.

2) 성형조건과 표면 거칠기의 관계

코어를 제외한 60개의 시편들을 성형조건별로 분류하여 평균값을 그래프화 하여 성형조건과 성형품의 표면 거칠기와의 관계를 알 수 있었다. Fig. 5는 사출속도의 증가함에 따라 조도측정값도 증가함을 알 수 있고 Fig. 6은 사출압력의 증가함에 따라서는 #46에서는 조도측정값이 일정하지 않았으며 #80에서는 증가하는 듯 보였으나 사출압력 30%부터는 감소하였다. Fig. 7은 수지온도의 상승에 따라서는 #46에서는 감소 후 250%부터 증가하였고 Fig. 7은 NAK80도 STD11과 마찬가지로 사출속도의 증가함에 따라 조도측정값도 증가함을 보였다.

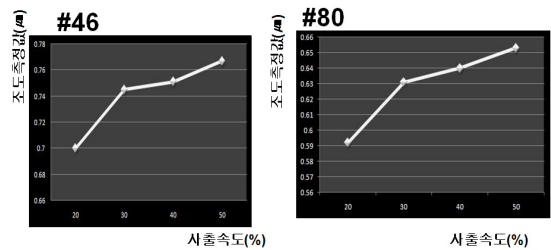


Fig. 5 Intensity illumination graph of STD11(injection velocity)

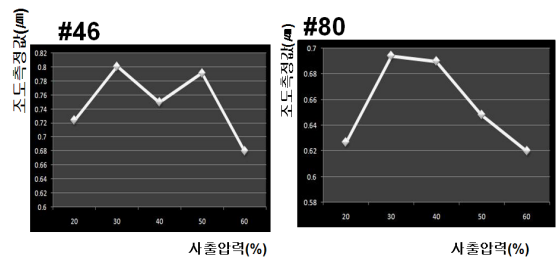


Fig. 6 Intensity illumination graph of STD11(injection pressure)

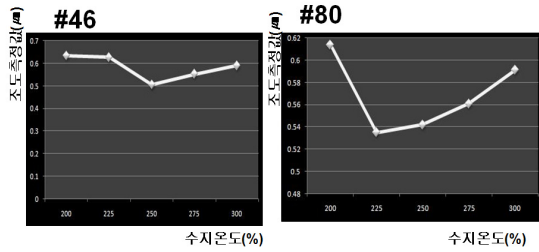


Fig. 7 Intensity illumination graph of STD11(resin temperature)

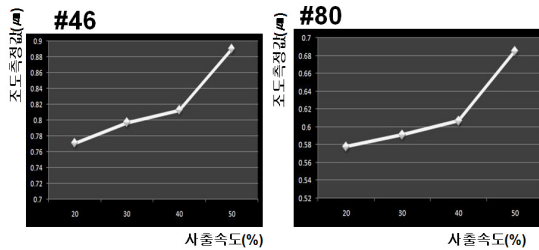


Fig. 8 Intensity illumination graph of NAK80(injection velocity)

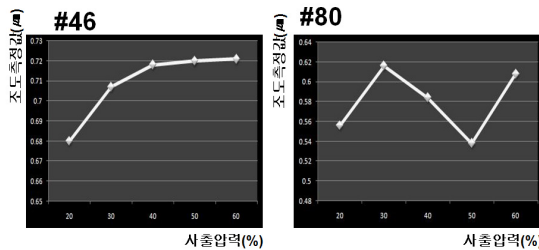


Fig. 9 Intensity illumination graph of NAK80(injection pressure)

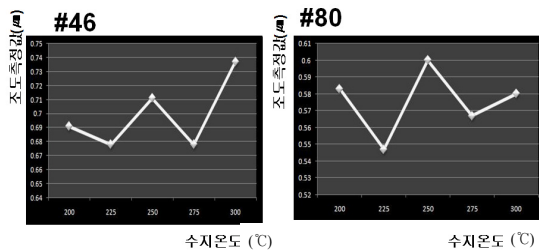


Fig. 10 Intensity illumination graph of NAK80(resin temperature)

Fig. 9는 사출압력의 증가함에 따라서는 #46에서는 증가곡선을 나타냈지만 #80에서는 증가와 감소, 감소 후 증가를 나타냈다. Fig. 10은 수지온도의 증가함에 따라서는 #46, #80 모두 조도측정값이 일정하지 않게 나타났다.

5. 결과 및 고찰

1) 코어(금속)과 시편(플라스틱)의 직접적인 표면 거칠기 비교는 어렵다는 것을 알 수 있었다. 접촉식 조도측정기로는 같은 성질의 금속이나 플라스틱의 거칠기 비교는 가능하나 이번 연구와 같은 금속과 플라스틱의 거칠기 비교에는 한계가 있었다. 금속과 플라스틱의 정확한 표면 거칠기 비교하기 위해서는 비접촉식 조도측정기를 사용해야 한다.

2) 성형조건에 따른 시편의 표면 거칠기를 비교 해본 결과 사출속도가 증가함에 따라 조도측정값이 증가함을 알 수 있었다. 사출속도가 빠르면 그만큼 Cavity 내로 수지의 충진이 잘 되기 때문이다.

3) 사출압력의 증가에 따라서는 조도측정값이 일정하게 나오지 않아 사출압력과 표면 거칠기와의 관계는 없는 것을 알 수 있었다.

4) 수지온도에 따라 조도측정값이 증가할 것을 예상했지만 측정결과 그렇지 않았다. 원인을 분석한 결과 금형제작 과정에서 냉각수설계를 고려하지 않았으며, 금형 온도에 따라 수지온도 또한 변화하기 때문에 정확한 측정을 위해서는 동일한 온도를 제어하며 사출을 시행해야 할 것으로 생각한다.

5) 연삭숫돌로 연마작업을 함에 있어 #46과 #80을 사용하여 정확한 측정 결과를 얻는 것이 미흡했다. 연삭숫돌을 거칠기 차가 큰 것을 선정하여 사용했다면 공구현미경으로 측정 시 육안으로도 확인하는 것이 가능하고, 조도측정기로 측정 시에도 더욱 분명한 측정 결과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다.

참고문헌

- 1) Park, C. H., Pyo, B. G., Choi, D. H. and Koo, M. S. "Design Optimization of an Automotive Injection Molded Part for Minimizing Injection Pressure and Preventing Weldlines," KSAE, Vol.19, pp. 66-72, 2011.
- 2) Kwon, O. K., Yun, J. H. and Park, K. "Improvement of Moldability for Ultra Thin-Wall Molding with Micro-Patterns," KSME, Vol. 31, No. 5, pp. 556-561, 2010.
- 3) Ahn, D. G., Kim, H. W. and Lee, K. Y. "Design of the Themally Conductive Mould to Improve Cooling Characteristics of Injection Mould for a Mouse," KSME, Vol. 33, No 3, pp. 201-209, 2009.

- 4) Cho, C. S. "A Study on Improvement of Surface Quality in Injection Molded Parts," The Korean Institute of Surface Engineering, Vol. 35, No 3, pp. 113-120, 2002.
- 5) Choi, Y. S., Han, D. Y. and Jeong, Y. D. "Shrinkage Behaviors of Polypropylene according to Product Form in Injection Molding," KSMPE, pp. 187-190, 2004.