

사출성형 조건과 ABS 성형품 광택의 관계

한성렬^{1*}

¹주식회사 화승알앤에이

The Relation between Injection Molding Conditions and Gloss of ABS Molding

Seong-Ryeol Han^{1*}

¹Hwaseung R&A Co., Ltd.

요 약 최근 플라스틱 성형품은 기능적인 측면뿐만 아니라 디자인 및 광택과 같이 시각적으로 즉각 식별이 가능한 부분에 까지 많은 관심과 주의를 기울이고 있다. 이와 관련하여 성형품 광택의 제어를 위하여 성형조건이 광택에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하지만 관련 연구는 아직 충분히 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구는 플라스틱 성형품의 외관에 주로 사용되는 ABS (Acrylonitrile-Butadiene-Styrene) 플라스틱 성형품에 대하여 사출압력, 사출속도, 보압력, 수지온도, 금형온도 등의 사출조건의 변화가 성형품의 외관 광택에 미치는 영향에 대하여 사출실험을 통하여 연구하였다. 연구 결과에서 보압력이 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 특히, 보압력 55 - 75MPa 범위에서는 광택도가 증가하지만 그 이상 증가하면 광택이 감소하는데, 그 원인은 SEM(Scanning Electron Microscope)을 통하여 수지 내부의 고무 입자의 변형에 기인한다고 유추할 수 있었다.

Abstract Plastic product manufacturing industry has usually focused on a mechanical and physical characteristics of molding. Recently, not only these characteristics but also the aesthetic value is significantly considering. Especially, the molding's gloss, which we can easily distinguish, is an important aesthetic point. In this study, it were investigated that the gloss variation of ABS moldings by changing injection conditions such as injection pressures, injection speed, holding pressures melt and mold temperatures by injection molding experiment. The experimental results revealed that the holding pressure was the most active condition on gloss of ABS molding.

Key Words : ABS, Gloss, Injection Molding Condition, Injection Pressure, Injection Speed

1. 서 론

플라스틱 사출성형은 열가소성 플라스틱 제품을 생산하기 위해 사용되는 가장 일반적이며, 중요한 제품 생산 방법 중의 하나이다. 오늘날 열가소성 플라스틱의 1/3 이상이 사출성형 되고, 모든 폴리머의 가공 장치는 과반 이상이 사출성형용이다. 그리고 사출성형 공정은 정밀치수를 요하는 복잡하며, 대형 제품을 한 번에 생산할 수 있는 장점을 가지고 있다[1-3].

이상의 장점과 더불어 오랜 기간 동안 사출성형은 제품의 기능적인 측면과 연관 있는 기계적, 물리적 성능에

주로 관심을 기울여 왔다[4,5]. 그러나 점차 제품의 미적 측면도 중요한 고려 사항으로 발전하였다. 특히, 우리 눈으로 즉시 식별이 가능한 제품 표면의 광택이 중요하게 고려되어야 할 사항이 되었다.

플라스틱 제품의 광택은 수지의 종류, 캐비티(cavity)의 연마정도, 사출압력(injection pressure), 보압력(holding pressure), 수지온도(melt temperature) 등의 성형조건에 의해서 영향 받는다고 알려져 있으나 구체적인 연구는 미미한 실정이다[6,7]. 따라서 본 연구는 사출성형 조건이 성형품의 표면 광택에 미치는 영향을 실험 연구를 통하여 분석하였다.

*Corresponding Author : Seong-Ryeol Han(HWASEUNG R&A)

Tel: +82-55-370-3489 email: srhan@hsrna.com

Received August 30, 2013

Revised (1st September 26, 2013, 2nd October 14, 2013)

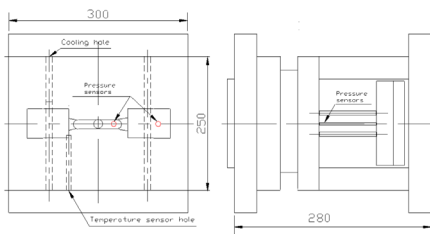
Accepted November 7, 2013

본 연구는 제품 외관에 주로 사용되는 ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene) 수지를 대상으로 하였다. ABS 수지는 특성상 내충격 강도와 광택의 향상을 위하여 고무 입자를 섞으며, 비결정성이다. 유백색의 반투명 플라스틱으로 냉장고, 세탁기, 청소기, 선풍기, 라디오 등 가정용 전기기구의 모든 제품에 적용되고, 라지에이터 그릴, 인스트루먼트 패널, 도어 패널 등의 차량용 내외장에 사용된다. 특히, 도금한 제품은 아름다운 금속적인 외관을 나타내기 때문에 가전제품, 자동차 등의 외장품에 널리 사용된다. 또한, 착색이 자유롭고, 성형성이 양호하여 사출성형, 압출성형 등 모든 성형법이 적용될 수 있으며, 치수 안전성이 뛰어난 아름다운 광택을 갖는 성형품을 만들 수 있다[8]. 이러한 ABS 수지 특성을 기반으로 본 연구에서는 성형조건 중에서 사출압력, 보압력, 수지온도, 금형온도의 변화가 성형품의 표면 광택에 미치는 영향을 실험 연구를 통해 규명하고자 하였다.

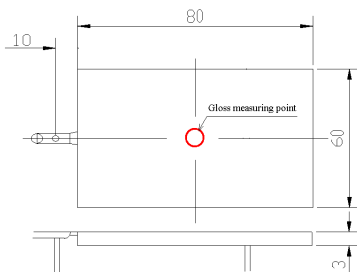
2. 사출성형 실험

2.1 실험 금형과 성형품

실험에 사용된 사출성형기는 LG기계의 75톤 직압식 수평형 타입이다. 실험용 금형은 Fig. 1 과 같이 크기는 300×250×280mm 이며, 2 캐비티(cavity)를 갖는다. Fig. 2는 광택 측정용 성형품을 나타낸 것으로 80×60×3mm 크기의 직사각형 시편이며, 광택 측정은 성형품의 중앙부이다.



[Fig. 1] Schematics of experiment mold



[Fig. 2] Specimen and gloss measuring point

금형 내부에서의 사출압력 변화를 알아보기 위해서 금형의 런너(runner)와 캐비티에 이젝트 핀(ejector pin) 형식의 압력 센서를 설치하여 압력 변화를 측정하였다. 압력 센서는 일본 후타바사의 EPA-001이며, 측정 가능한 압력범위는 20 - 150MPa, 직경은 Ø4 이다.

성형품 광택도의 측정을 위하여 BYK Gardner사의 Micro-TRI-Gloss 미터를 사용하였다. 광택도와 관련된 KS L 2405 규격에서 광택 기준은 굴절율이 1.567의 유리 표면을 60° 각도로 조사하였을 때 반사되는 광택도를 100으로 규정하고 있으며, 본 연구에서도 동일한 기준을 반영하여 성형품의 광택도를 측정하였다.

실험에는 LG 화학의 ABS 수지 3종이 사용되었다. HI-121 수지는 내충격을 목적으로 하고, HF-380 수지는 유동성을 강화한 수지이다. 마지막으로 HG-173 수지는 고광택을 목적으로 하는 수지이다. 수지별 물성은 Table 1과 같다.

[Table 1] Mechanical properties of ABS resins

Physical properties	Unit	HI-121	HF-380	HG-173
Tensile strength	kg/cm ²	470	450	470
Flexural modulus	kg/cm ²	24200	24700	26000
Rockwell hardness	R·SCALE	105	108	112
Specific gravity	-	1.05		
IZOD impact strength	kg·cm/cm	37	28	24
Melt flow index	g/10min	20	36	23
Heat distortion temperature	°C	94	92	83
Rate of molding shrinkage	%	0.4 - 0.7		
Flammability	-	HB		

2.2 실험 및 측정

Table 2는 성형실험 조건을 나타낸 것이다. 성형조건으로는 사출압력, 보압력, 수지온도, 금형온도, 사출속도 [9,10] 등을 선정하였다.

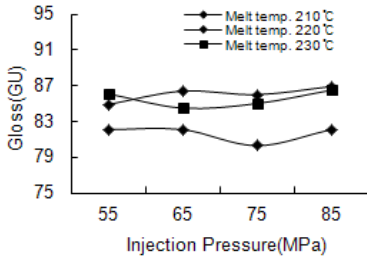
[Table 2] Injection molding conditions

Injection condition	Unit	Range
Injection pressure	MPa	55, 65, 75, 85
Holding pressure		
Melt temperature	°C	210, 220, 230
Mold temperature	°C	30, 35, 40, 45, 50
Injection speed	cm ³ /sec	10, 20, 30, 40, 50

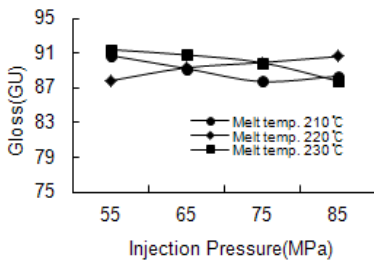
3. 실험결과 및 고찰

3.1 사출압력과 속도에 의한 광택 변화

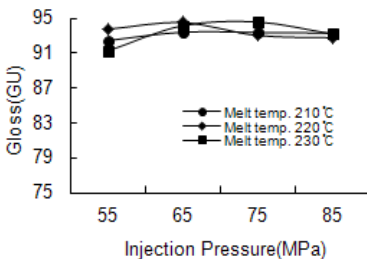
Fig. 3 - 5는 보압력을 85MPa, 금형온도를 40℃로 설정하고, 사출압력을 55 - 85MPa까지 증가시키며 성형했을 때의 광택 변화를 나타낸 것으로, 사출압력에 의한 광택 변화는 크지 않았다.



[Fig. 3] Gloss vs. injection pressure for HI-121



[Fig. 4] Gloss vs. injection pressure for HF-380

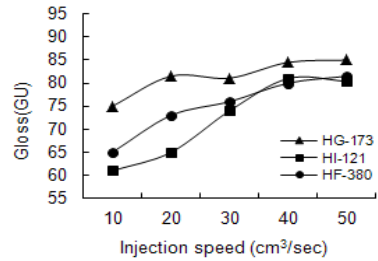


[Fig. 5] Gloss vs. injection pressure for HG-173

사출압력과 연계되어 밀접한 관계가 있는 사출속도에 관한 연구에서는 사출압력에 의한 실험 결과와 다른 결과를 확인하였다.

Fig. 6은 보압력을 60MPa, 수지온도를 220℃, 금형온도를 40℃로 설정 후 사출속도를 10, 20, 30, 40, 50 cm³/sec로 증가시키면서 성형하였을 때의 수지별 성형품의 광택 변화를 나타낸 그래프이다. 사출속도가 증가할수록 광택이 증가하는 공통적인 결과를 보였다. 사출속도

가 빠를수록 단위 시간당 캐비티에 충전되는 용융수지가 증가하여 서서히 냉각되고, 용융수지와 캐비티 면과 접촉 정도가 증가하는데 반하여 저속의 사출속도에서는 단위 시간당 캐비티에 충전되는 용융수지 양이 작아서 빠르게 냉각되고, 용융수지의 캐비티 면과의 접촉 정도가 감소하면서 발생하는 현상으로 생각된다.

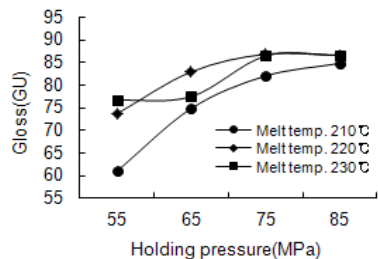


[Fig. 6] Gloss vs. injection speed

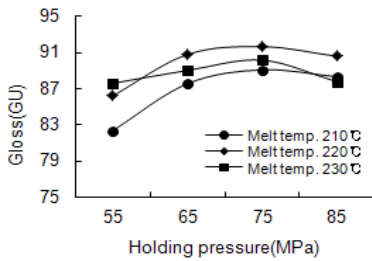
이와 같이 사출압력과 사출속도에 의한 광택 변화의 결과 차이가 발생하는 원인은 다음과 같이 사료된다. 우선, 사출압력과 사출속도는 충전 과정에서의 변수로 각각 독립적으로 작용하는 것이 아니라 서로 연관되어 있는 공정조건이다. 따라서 사출압력이 먼저 결정되면 그에 따른 사출속도가 정해지고, 사출속도가 먼저 결정되면 그에 따라 사출압력이 정해진다. 그러나 두 조건중의 하나는 최대 허용 값을 의미하고, 나머지 한 조건을 설정된 값으로 제어하는데, 본 연구에 사용된 사출기는 사출압력이 최대 허용 값이며, 허용 값 내에서 설정된 사출속도가 실제로 사출기를 제어하면서 성형하는 것으로 생각된다. 즉, 사출속도가 광택에 영향을 끼치는 유효한 성형조건이다.

3.2 보압력에 의한 광택 변화

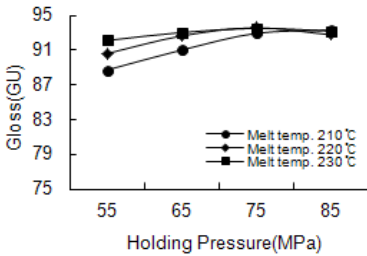
Fig. 7 - 9는 사출압력을 85MPa, 금형온도를 40℃로 하고, 보압력을 55 - 85MPa까지 증가시켰을 때의 광택 변화를 나타낸 것이다.



[Fig. 7] Gloss vs. holding pressure for HI-121



[Fig. 8] Gloss vs. holding pressure for HF-380



[Fig. 9] Gloss vs. holding pressure for HG-173

그래프에서 보압력이 증가되면 광택이 동시에 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 용융 수지를 금형 내부로 주입하는 사출압력 보다는 금형 캐비티 내의 압력을 제어하며, 성형품의 치수 정밀도를 결정하는 보압력이 성형품 내의 조직을 조밀하게 하여 광택이 증가하는 것으로 사료된다. 그러나 75MPa 이상에서는 광택이 약간 감소하는 경향을 보였다.

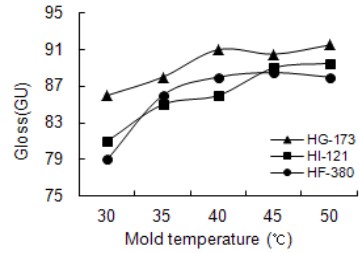
3.3 수지온도에 의한 광택 변화

일반적으로 수지온도가 증가하면 광택이 증가할 것으로 생각되지만 Fig. 7 - 9 그래프에서와 같이 수지온도가 가장 높은 230°C 에서 광택이 220°C 보다 감소함을 볼 수 있다. 이러한 현상은 수지온도 230°C 부근에서 ABS 수지의 탐(burn-out)의한 변형으로 사료된다.

3.4 금형온도에 의한 광택 변화

Fig. 10은 사출압력을 85MPa, 보압력을 65MPa, 수지온도를 220°C로 설정하고, 금형온도를 30 - 50°C로 증가시키면 성형한 성형품의 광택 변화를 나타낸 그래프이다. 금형온도를 증가시켰을 경우 고풍택용 수지인 HG-173 성형품 광택이 가장 높게 나타났다. 그리고 공통적으로 금형온도가 40°C 까지 증가함과 동시에 광택도 증가하였다. 그러나 40°C 이상에서는 광택 변화 정도가 감소하고, HF-380 수지의 경우 광택이 미소하게 감소하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 금형온도 증가율이 일

정 수준 이상으로 증가하여 성형품의 광택이 불균일화되어 광택이 저하되는 현상으로 생각된다[11].

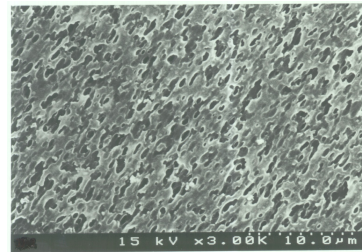


[Fig. 10] Gloss vs. mold temperature

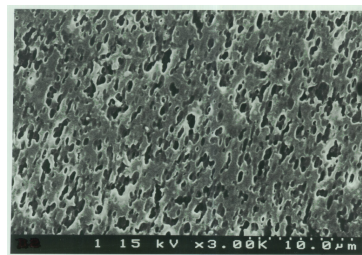
3.5 성형품의 SEM 분석

Fig. 11(a) - (d)는 HG-173 수지에 대하여 사출압력 85MPa, 수지온도 220°C 상태에서 보압력을 55 - 85MPa 까지 상승시키면서 성형한 성형품을 에칭(etching)을 통하여 고무 입자만 녹여낸 후 성형품 표면을 SEM(scanning electron microscope) 촬영한 것이다.

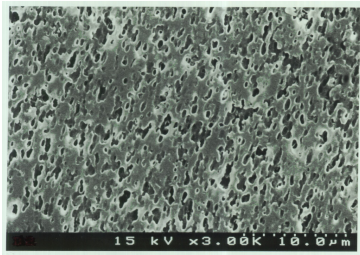
SEM에서 볼 수 있듯이 보압력이 증가 할수록 수지내의 고무 분자가 작아지면서 넓게 고무 퍼지는 것을 알 수 있다. 이는 광택이 증가하는 효과로 나타난다. 그러나 Fig. 11(d) 에서와 같이 보압력이 85MPa로 증가하면 고무 분자들이 뭉치면서 좁고 길게 형성되는 현상이 발생하였다. 이는 3.2 절에 설명한 보압력이 일정 수준 이상에서 광택이 약간 감소하는 현상의 원인으로 사료된다.



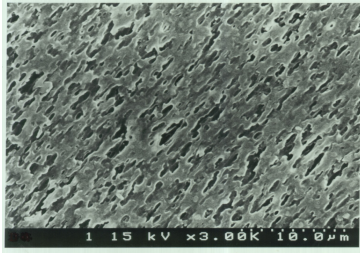
(a)



(b)



(c)



(d)

[Fig. 11] SEM photo of moldings injected by changing holding pressure: (a) 55MPa (b) 65MPa (c) 75MPa (d) 85MPa

4. 결론

본 연구에서 사출성형 조건이 ABS 성형품 표면 광택에 미치는 영향에 대하여 실험적 연구를 통하여 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

사출압력이 성형품 광택에 미치는 영향은 미미한 반면, 사출속도는 성형품 광택 변화에 유효한 영향을 미칠 수 있었다. 특히, 보압력을 55 - 75MPa 까지 증가시키면 성형품의 광택은 증가하지만, 75MPa 이상 증가하게 되면 광택이 감소하였다. 이와 관련하여 SEM 촬영을 통하여 고무 입자의 변형이 광택 감소의 원인을 유추할 수 있었다.

성형품 전체를 대상으로 할 때 사출성형 조건 중에서 보압력과 금형온도가 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 그 다음으로 수지온도, 사출속도 순으로 광택에 영향을 미쳤다.

References

[1] T. A. Osswald, "Polymer Processing Fundamentals", Hanser, pp. 117, 1998.
 [2] G. Pötsch, W. Michaeli, "Injection Molding an Introduction", Hanser, pp. 1-2, 1995.
 [3] S. D. Ye, B. H. Min, "Injection Molding Analysis of the Tub-drum for Drum Type Wahser Using CAE", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process

Engineers, Vol. 9, No. 2, pp. 60-65, 2010.

[4] H. S. Lee, H. S. Byun, "Study on the Design Optimization to Improve Injection Molding Performance of Plastic Regulator Rail", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, no. 12, pp. 5398-5404, 2011.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.12.5709>
 [5] K. Y. Park, H. S. Kim, J. H. Kang, J. C. Park, "CAE Analysis and Optimization of Injection Molding for a Mobile Phone Cover", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 2, pp. 60-65, 2012.
 [6] Edited R. M. Harris, "Coloring Technology for Plastics", Society of Plastics Engineers, pp. 149-155, 1999.
 [7] E. Dawkins, K. Horton, P. Engelmann, M. Monfore, "Color and Gloss-The Connection to Process Condition", The Journal of Injection Molding Technology, Vol. 2, pp. 1-7, 1998.
 [8] D. M. Lee, B. K. Han, O. S. Lee, S. H. Lee, "Design and Manufacturing of Injection Mold with Pressure and Temperature Sensors for Tensile Test Specimen", Proc. of 2005 KSME Spring Conference, pp. 1750-1754, 2005.
 [9] M. Y. Lyu, J. G. Choi, Y. Pae "Investigation of the Jetting Phenomena in Injection Molding for Various Injection Speeds, Resins and Mold Shapes", Transactions of Materials Processing, Vol. 12, No. 1, pp. 3-10, 2003.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.5228/KSPP.2003.12.1.003>
 [10] S. H. Lee, D. M. Lee, B. K. Han, "The Effects of Injection Speed and Melt Temperature on Mechanical Properties for Polycarbonate Tensile Test Specimen", Proc. of 2005 KSME Spring Conference, pp. 1594-1598, 2005.
 [11] G. Menges, W. Michaeli, P. Mohren, "How to Make Injection Molds", Hanser, pp. 205-207, 2001.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.3139/9783446401808>

한 성 렬(Seong-Ryeol Han)

[정회원]



- 1999년 2월 : 부경대학교 정밀기계공학과 (공학사)
- 2001년 2월 : 부경대학교 기계공학부대학원 (기계공학석사)
- 2007년 2월 : 부경대학교 기계공학부대학원 (기계공학박사)
- 2007년 5월 ~ 현재 : 주식회사 화승알앤에이 FL평가팀 팀장

<관심분야>
 자동차설계, 컴퓨터응용설계