

# HIPS 성형품에서 성형조건이 표면 광택에 미치는 영향

## The Effect of Molding Conditions on the Surface Gloss of HIPS Molding

정 영 득 · 이 미 혜

Y. D. Jeong and M. H. Lee

**Key Words** : HIPS, Molding Condition(성형조건), Gloss(광택), Migration(이동)

**Abstract** : The surface gloss of the injection molded part is one of the most significant point for evaluation the quality of products appearance. The effects of molding condition on the gloss of HIPS(High Impact Poly Styrene) molded part were investigated in this work. The measurements of gloss on the surface of molded part were carried out with different melt temperature, mold temperature, injection pressure and holding pressure. We observed the result of HIPS gloss compared with our's previous ABS study. The more melt and mold temperature increased, the brighter the gloss increase. Holding and injection pressure had little effect on the gloss. The gloss was effected in order of melt temperature, mold temperature, injection pressure, holding pressure.

### 1. 서 론

인간의 끊임없는 소재개발 노력 속에 플라스틱이 란 신소재는 20세기 초 개발된 이후로 과거 어떤 형태의 소재보다 인간생활을 풍요함으로 이끄는 데 공헌해 왔으며, 이러한 플라스틱은 가볍고 부식하지 않으며 대량생산이 가능한 신소재로 일반범용에서 부터 전기, 전자 등 각종 첨단소재에 이용되는 엔지니어링 플라스틱에 이르기까지 광범위하게 개발되어 사용되고 있다. 이러한 플라스틱 재료의 독특하고 다양한 성질들로 인하여 자동차 내·외장품 등 자동차 관련부품, 음향 및 냉장고 등의 가전제품, 전화기, 복사기, 통신기 등의 OA기기부품, 기계부품 등에 종전의 금속재료를 대체하여 사용이 점점 증가해 가고 있는 추세이다.

한편 플라스틱 재료의 수요의 증가와 함께 사용자의 요구에 따라 물성개선에 대한 연구와 성형조건 최적화에 관한 연구는 현재까지 활발히 진행되어 많은 결과가 보고되어 있다.<sup>1)</sup>

그러나, 실제 산업현장에서는 제품화와 밀접한 관계가 있는 플라스틱 성형품의 착색, 투명도, 광택도를 향상시켜 외관 및 성능면에서 고품질의 성형품을 생산하기 위한 연구가 강력히 요청되고 있다.

일반적으로 외관 성형품의 광택에 영향을 미치는 공정변수로는 수지의 종류, 금형 캐비티면의 연마정도와 사출압력, 수지온도, 금형온도 등의 성형조건을 들 수 있다. 성형품의 광택도는 성형조건 중에서 수지온도와 금형온도의 영향이 가장 큰 것으로 발표되었으나, 구체적인 연구결과는 많이 나와 있지 않는 실정이다.<sup>2,3,4)</sup>

본 연구에서는 5대 범용수지의 하나로 가격에 비해 물성, 표면광택 및 성형성이 우수한 수지로 외장 케이스(case), 커버(cover) 등에 다방면으로 사용되는 스티렌(styrene)계 수지 중 합성고무(SBR)로 충격을 보강시킨 HIPS수지<sup>5)</sup>에 대해 대표적인 성형조건인 수지온도(melt temperature), 금형온도(mold temperature), 사출압력(injection pressure), 보압(holding pressure)이 광택도에 미치는 영향을 실험적 연구를 통해 규명하고자 한다.

### 2. 실험

#### 2.1 실험장치와 재료

실험에 사용된 사출성형기는 LG기계의 75ton IDE-75EN으로 직압식 수평형 타입이다. 실험용 금형은 Fig. 1과 같이 200×250×230 mm의 크기로 2개취 금형으로 되어있으며, 금형온도를 조절하기 위해 온도센서를 부착하였다. 실험용 성형품은 50×65×3 mm의 크기의 사각판이며, 팬 게이트(fan

접수일 : 2000년 7월 1일

정영득 : 부경대학교 기계공학부

이미혜 : 기술신용보증기금, 부산기술평가센터

gate)<sup>7)</sup>형식에 의해 성형된다. 광택을 측정하기 위한 광택도 측정기(glossmeter)는 ISO 2813, ASTM D 523규격에 맞추어진 BYK-GARDNER사의 Micro-TRI-Glossmeter를 사용하였다.

본 실험에서는 외관용 제품에 많이 사용되는 LG화학의 HIPS 60HR 수지를 사용하였으며, 수지의 물성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Physical properties of HIPS resin

Physical properties	unit	Test methods (ASTM)	HIPS (60HR)
Tensile strength	kg/cm <sup>2</sup>	D-638	280
Flexural modulus	kg/cm <sup>2</sup>	D-790	21,000
Rockwell hardness	R · SCALE	D-785	99
Specific gravity	-	D-792	1.04
IZOD Impact strength (Notched 1/4")	kg · cm/cm	D-256	9
Melt flow index (200°C/5kg)	g/10min	D-1238	4
Heat distortion temperature (18.5 kg/cm <sup>2</sup> , 1/4")	°C	D-648	80
Rate of molding shrinkage	%	D-955	0.4~0.7
Flexural strength	kg/cm <sup>2</sup>	D-790	500

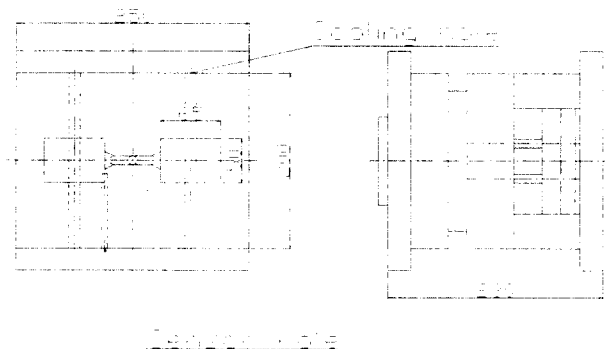


Fig. 1 Schematics of the experimental mold (unit : mm)

## 2.2 실험조건

HIPS수지는 사출성형을 하기 전에 열풍 건조기에 80°C로 2시간 동안 건조시켰고, 사출성형 중에는 호퍼 건조기를 80°C로 계속 가동시켰다.

성형조건은 수지회사에서 권장하는 조건을 기준으로 하여, 사출압력 80 MPa, 보압 75 MPa, 보압 시간 2초, 냉각시간 15초로 총 사이클 타임 20초,

수지온도는 210°C에서 280°C까지 각 10°C씩 증가시켰으며, 금형온도는 40°C에서 90°C까지 각 10°C씩 증가시켜 실험을 행하였다. 동일 성형조건에서 총 5회씩 사출성형하여, 첫 번째와 다섯 번째 시편을 제외한 3개를 최종시편으로 사용하였다. 또한, 성형실험시 성형실 실내온도는 14°C이고 상대습도는 46%이었다.

BYK-GARDNER사의 광택도 측정기(Micro-TRI-Gloss)를 사용하여 시편의 표면 중심을 측정 부위로 하여 3회씩 측정 기록하였다. 매 측정 시 오차가 3%이상 차이가 나면 2회를 재 측정하여 최고치와 최저치를 제외한 나머지 3회의 측정값을 평균하여 기록하였다. 광택도 측정기의 입사각도는 60°로 투광하였고, 광택도 측정의 수치는 계기에서 자동 계산된 값을 사용하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 수지온도 및 금형온도가 광택에 미치는 영향

수지온도 210°C에서 280°C까지 각 10°C 증가시킨 시편의 표면 광택도를 Fig. 2에 나타내었다. 이때의 사출압력은 80 MPa, 보압은 75 MPa로 하였다.

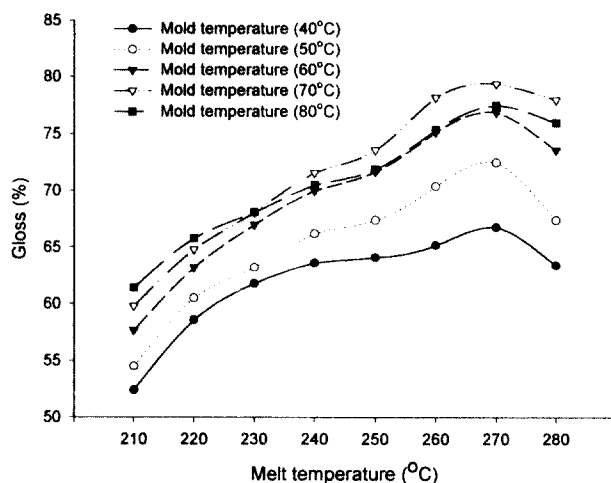


Fig. 2 Gloss vs. Melt temperature for HIPS with different mold temperature

Fig. 2에서는 금형온도가 일정할 때 광택도는 수지온도가 상승함에 따라 증가하는 경향을 보이나, 수지온도가 270°C을 넘어서면 감소함을 알 수 있다. 또한, 수지온도를 일정하게 유지했을 때 광택도는 금형온도가 상승함에 따라 증가하였으나, 그 영향은 수지온도에 비해 적게 나타났다. 수지온도가 270°C부근에서 가장 우수한 광택도를 나타내었다.

수지회사에서 권장하는 HIPS(60HR)수지의 수지 온도는 210~250°C이며, 일반적으로 이 온도에서 제품을 생산하여 사용한다. 일반적으로 HIPS수지는 고무 함량, 결합상태, 분포에 따라 다양한 물성 차이를 보이며, 고무 함량은 5~10%, 고무입자 크기(rubber particle size)는 1.0~5.0 $\mu$ m 범위이다. 이는 ABS수지의 고무 함량 25~30%에 비하여 적다. ABS수지의 고무입자 크기는 광택을 향상시키기 위한 작은 입자와 충격흡수를 위한 큰 입자로 이원화되어있는 것이 HIPS수지와 비교된다. ABS수지의 경우에는 표면광택이 수지온도가 증가하면 광택도가 향상되는 경향을 나타내다가 일정한 수지온도 범위 이상이 되면 광택도가 급격히 저하되는 경향<sup>6)</sup>을 나타내었으나, 수지회사에서 권장하는 수지온도 범위 내에서는 HIPS수지의 경우에서 수지온도를 높게 하여도 급격한 광택의 감소는 보이지 않았다. 이는 HIPS수지의 고무입자 크기는 ABS수지의 큰 입자와 유사한 기능을 하지만 그 모양은 ABS수지와 같은 구형이 아니라 별집형과 구형으로 되어있다. HIPS수지의 고무입자는 별집형에서 수지온도의 증가로 구형의 고무입자로의 변위되어 응집과 이동에 의한 고무입자 분포의 불균일의 영향이 ABS수지보다는 작게 나타나 광택의 급격한 감소를 막아주는 것으로 사료된다.<sup>8,9)</sup>

3.2 사출압력이 광택에 미치는 영향

사출압력 65 MPa에서 85 MPa까지 각 5 MPa 증가시킨 시편의 표면 광택도를 Fig. 3에 나타내었다. 이때의 금형온도와 수지온도는 광택도가 가장 우수한 70°C와 270°C로 설정하였다.

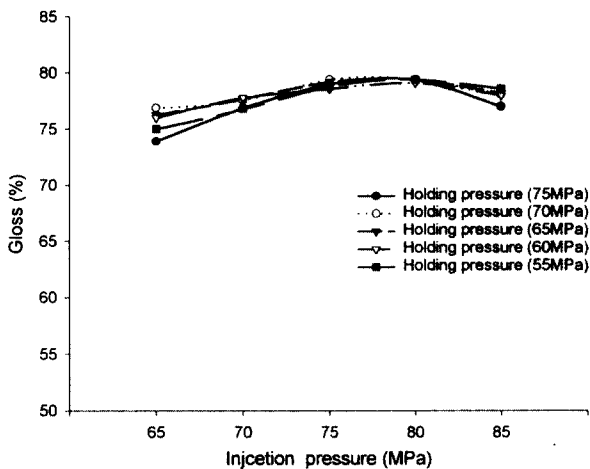


Fig. 3 Gloss vs. Injection pressure for HIPS with different holding pressure

사출압력에 의한 광택도의 변화는 수지온도나 금형온도의 변화에는 못미치는 완만한 변화를 보였으며, 사출압력이 75~80 MPa에서 광택도가 가장 양호하였다.

이러한 결과는 ABS수지의 사출압력의 변화에 의한 광택도의 결과와 유사하게 나타내었으며, 사출압력은 수지온도와 금형온도에 비교하면 광택에 크게 영향을 주지 않는 것으로 추정된다.

3.3 보압이 광택에 미치는 영향

보압 55 MPa에서 75 MPa까지 각 5 MPa 증가시킨 시편의 표면 광택도를 측정된 값을 Fig. 4에 나타내었다. 이때의 금형온도와 수지온도는 가장 광택도가 우수한 온도인 70°C와 270°C로 설정하였다.

보압에 의한 광택도의 변화는 사출압력에 의한 변화보다 더 완만한 변화를 보였으며 이는 보압의 변화가 광택도에는 크게 영향을 주지는 않는 것으로 보인다.

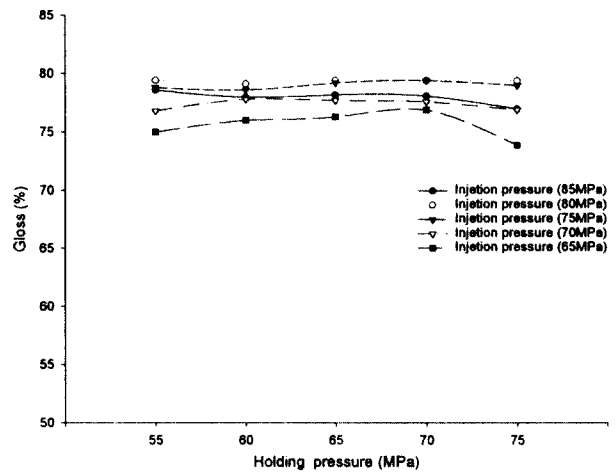


Fig. 4 Gloss vs. Holding pressure for HIPS with different injection pressure

3.4 광택면의 모폴로지 관찰

시편의 표면 광택도를 조사한 뒤 표면상태를 알기 위하여 전자주사현미경(SEM)을 이용하여 관찰한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 본 실험에 사용된 HIPS수지는 ABS수지에서 사용되는 부타디엔(PBL : butadiene을 중합하여 poly butadiene latex로 생산한 것)과는 다른 중합방법(solution)에 의해 생산된 액체(latex)상태가 아닌 덩어리 타입의 고무(rubber)를 스티렌(styrene)에 녹인 용액이 연속적으로 일정 비율로 반응조(reactor)에 공급되어 일정한 온도에서 중합되어 압출기를 거쳐 제품

이 된다.

Fig. 5(a, b, c, d)에서 밝은 부분은 PS부분이며 검은색(특히 밝은 부분에 둘러싸인 어두운)부분은 rubber phase free SAN이다. 부식제( $H_2SO_4$ (95%) 16.6ml,  $H_3PO_4$ (85%) 5ml,  $K_2Cr_2O_7$  0.83g, 증류수 11.65ml)로 75°C에서 5분 정도로 시편표면의 고무상을 선택적으로 에칭(etching)하여 고무입자를 부식시켜 내부구조를 자세히 보여주지는 않지만 전체적인 고무입자의 형상 및 분포는 잘 볼 수 있다. 본 사진에는 고무입자의 분포정도를 확인할 수 있다.

Fig 5(a, b, c, d)는 금형온도(70°C), 사출압력(80 MPa), 보압(75 MPa), 수지온도(melt temperature)가 230, 250, 270, 290°C일 때의 SEM사진이다. 수지온도가 상승함에 따라 Fig. 5(c)는 Fig. 6(a), (b)에 비해 고무입자들의 분포가 감소하는 것을 알 수 있으며 이에 따라 광택이 향상되는 결과를 보였다. 그러나 Fig. 5(d)의 경우에는 5(c)에 비해 표

면의 고무입자의 분포가 많이 증가되어 광택도가 저하됨을 알 수 있다. 광택저하에 커다란 영향을 미치는 고무입자들의 응집(aggregation)현상<sup>6)</sup>은 벌집형 구조의 고무분자를 구형 구조로 유동 중에서 발생하여 전체적으로 고무입자의 구조적 변화를 발생시켜 고무입자 자체의 덩어리가 커지는 현상은 전혀 일어나지 않았다. 본 시스템에서는 분산계에서의 입자들간의 상호 인력이 평형을 이루어서 외부로부터 기계적 변형, 열적 에너지 상승에 의한 인력 불균형에 의한 고무입자의 응집과 고무입자의 이동(migration)으로 인해 고무입자 분포의 불균일의 영향을 들 수 있다.

고무입자의 이동현상은 전단응력(shear stress)으로 인한 두께방향으로의 전단변형률(shear rate)이 달라짐으로써 입자이동에 영향을 미치게 된다. 이성분계에서는 낮은 점도를 가진 성분이 높은 응력 영역으로 향하는데 이러한 바깥에 존재하는 저

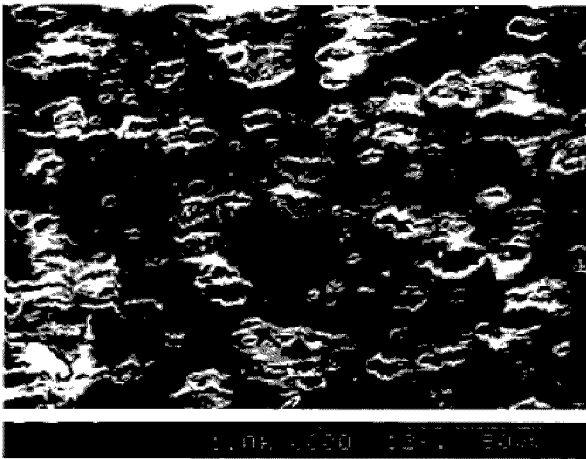


Fig. 5(a) Scanning electron micrograph of HIPS with melt temp. 230°C, mold temp. 70°C

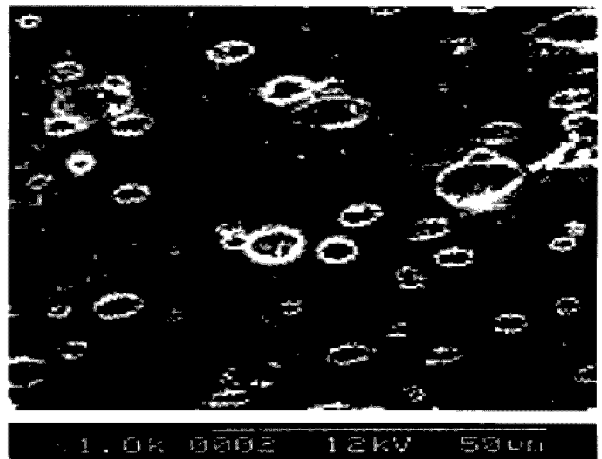


Fig. 5(c) Scanning electron micrograph of HIPS with melt temp. 270°C, mold temp. 70°C

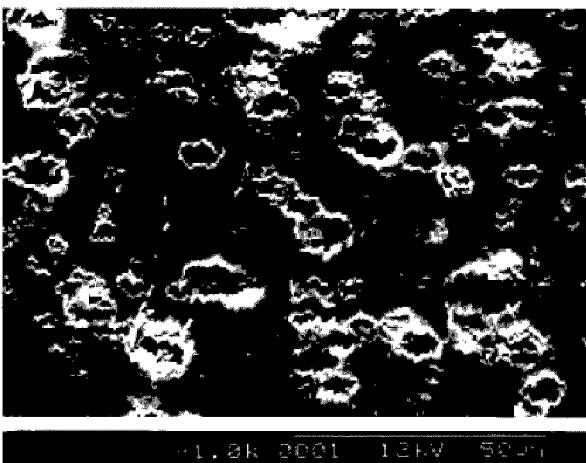


Fig. 5(b) Scanning electron micrograph of HIPS with melt temp. 250°C, mold temp. 70°C

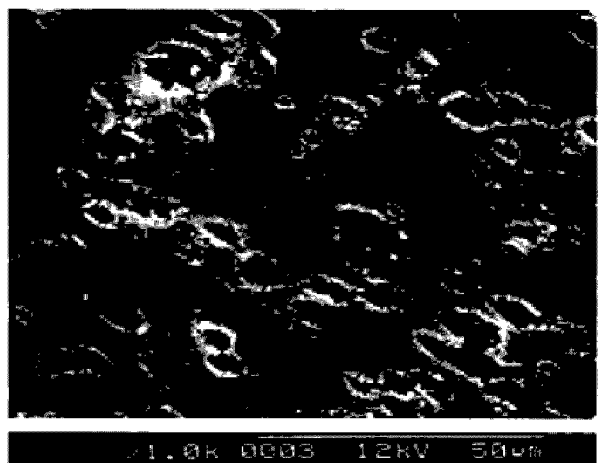


Fig. 5(d) Scanning electron micrograph of HIPS with melt temp. 290°C, mold temp. 70°C

점도 유체는 마치 윤활작용을 하는 롤 베어링 효과(roll bearing effect)를 하게 된다.<sup>7)</sup> 부타디엔의 점도는 폴리스티렌-아크롤로니트릴의 점도보다 조금 높다.<sup>8)</sup> 따라서 유동 중 표면 쪽에 있는 입자가 큰 고무입자들은 캐비티 벽면으로부터 최소응력영역쪽으로 이동하려고 하고 상대적으로 입자의 밀도분포가 적게 된다. 본 실험에서 실험한 바로는 온도 상승으로 인한 표면의 고무입자의 밀도분포는 온도가 상승함에 따라 감소되었다가 어느 정도 온도(270℃) 이상에서는 오히려 높아져 광택이 감소하는 결과를 보였다. 매트릭스와 입자 상의 온도 변화에 따른 각각의 점도변화에 대한 결과를 확보하지 못하여 이러한 현상을 설명하기에 어려움이 있으나 270℃ 근방에서 고무입자의 물성이 크게 변화하여 고무입자가 표면으로 이동하여 광택도를 저하시키는 것을 알 수 있다. 270℃ 이상의 고온에서는 고무입자의 열적 불안정이 크고 가스발생으로 인한 흐림 현상을 동반하므로 광택을 요하는 가공조건은 피하여야 한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 HIPS수지를 대상으로 성형조건 중 수지온도, 금형온도, 사출압력 및 보압이 시편 표면의 광택에 미치는 영향을 실험 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 수지온도와 금형온도가 증가할수록 광택도는 향상되지만, 온도가 과도하게 높게 되면 시편의 광택은 저하됨을 알 수 있다.
- 2) 사출압력은 75~80 MPa에서 광택도가 가장 양호하였으며, 대체로 사출압력의 변화에 따라 광택도의 변화는 완만함을 알 수 있다.
- 3) 보압은 광택도에 거의 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.
- 4) ABS수지와 비교해 보면, 각 성형조건이 광택도에 미치는 영향은 그 경향이 유사하다. 단지, ABS수지의 경우가 광택도의 증가 및 감소율이 크게 나타났다.

#### 참고문헌

1. Aoki, Yuji., "Dynamic Viscoelastic Properties of ABS Polymers in the Molten State V. Effect of Grafting Degree", *Macromolecules*, Vol. 20, pp. 2208~2213, 1987
2. Dawkins, Eric, Horton, Kris and Dr.

Engelmann, Paul, "The Effects of Injection Molding Parameters on Color and Gloss", *ANTEC*, pp. 2697~2701, 1997

3. Dawkins, Eric, Horton, Kris and Dr. Engelmann, Paul, "Color and Gloss-The Connection to Process Conditions", *Journal of Injection Molding Technology*, pp. 1~7, 1998
4. Chang, M.C.O., Nemeth, R.L., "Effect of rubber particle agglomeration phenomena in Acrylonitrile-Butadiene-Styrene(ABS) polymers on molded surface appearance", *ANTEC*, pp. 602~607, 1995
5. 한상준 외 3명, "고분자 물성론", 서울대학교 출판부, pp. 242~245, 1995
6. 정영득, 황시현, 이미혜, "ABS성형품의 성형조건이 표면광택에 미치는 영향", *한국정밀공학회*, Vol. 16, No. 4, pp. 100~115, 1999
7. 日本플라스틱 加工技術協會, "射出金型の 基本과 應用", *機電研究社*, pp. 121~126, 1993
8. Utracki A., "Two-Phase Polymer Systems", *Progress in Polymer Processing*, Polymer Processing SOC., 1990
9. Utracki, A., "Polymer Alloys and Blends : - Thermodynamics and Rheology", Hanser Publisher, 1990