



유리구슬을 사용하여 제조된 재귀반사시트의 구조 및 재귀반사 특성 연구

임두현 · 이민호 · 허민영 · 안주현[†] · 박진우* ·

유지현* · 김종선* · 류호석* · 안효준* · 김익환**

경상대학교 생명화학공학과, 공학연구원,

*경상대학교 금속재료공학과, **㈜삼웅

접수일(2011년 7월 18일), 수정일(2011년 7월 26일), 게재확정일(2011년 8월 3일)

Structural and Physical Properties of Reflective Sheets Prepared by Using Glass Beads

Du-Hyun Lim, Min-Ho Lee, Jou-Hyeon Ahn[†], Jin-Woo Park*, Ji-Hyun Yu*,
Jong-Seon Kim*, Ho-Suk Ryu*, Hyo-Jun Ahn*, and Ik-Hwan Kim**

Department of Chemical and Biological Engineering and Engineering Research Institute,
Gyeongsang National University, 900 Gajwa-dong, Jinju 660-701, Korea

*School of Materials Science and Engineering, Gyeongsang National University,
900, Gajwa-dong, Jinju 660-701, Korea

**Sam Woong Co., Ltd., 828 Deogam-ri, Juchon-myeon, Gimhae-si, Gyeongsangnam-do 621-843, Korea

(Received July 18, 2011, Revised July 26, 2011, Accepted August 3, 2011)

요약 : 본 연구에서는 유리구슬을 사용하여 일반반사지 및 고휘도 반사지를 제조하여 그들의 반사성능과 물리적 특성을 조사하였다. 유리구슬형 재귀반사 시트의 제조 방법에는 봉입렌즈형과 캡슐렌즈형의 두 가지로 구분될 수 있는데 유리구슬이 공기에 노출되는지 그렇지 않은지를 통해서 구분한다. 유리구슬 위를 덮고 있는 층이 있는 봉입렌즈형은 유리구슬 위의 한 개의 층으로 된 캡슐렌즈형에 비해 악천 후에도 휘도 변화가 거의 없다. 유리구슬의 도포량에 따라 휘도가 달라지므로 최적의 도포량을 조사하였고, 다양한 색상을 지니는 유리구슬 형태의 봉입렌즈형 재귀반사 시트와 캡슐렌즈형 재귀반사 시트를 제조하여 입사각과 관찰각에 따른 재귀반사 시트의 휘도를 조사하여 비교하였다. 공기에 노출되는 캡슐렌즈형 백색 재귀반사 시트의 휘도가 $210.4 \text{ cd}/1\text{x} \cdot \text{m}^2$ 으로 봉입렌즈형의 $74 \text{ cd}/1\text{x} \cdot \text{m}^2$ 보다 높은 것으로 나타났다. 그리고 세탁전과 후의 휘도변화를 통하여 재귀반사 시트의 세탁력과 점착성능을 분석하였는데, 캡슐렌즈형은 세탁 후 유리구슬의 수가 줄었고 또한 알루미늄 증착면이 훼손되어 증착된 부분이 일어난 것을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT : In this study, engineering grade and high intensity reflective sheets were prepared with glass beads and their reflection performance and physical properties were investigated. The reflective sheets prepared by using glass beads are divided into enclosed or encapsulated lens type, depending on whether the glass beads are open in air or not. Because of an extra layer on the glass bead surface, the enclosed lens type reflective sheets show very little change in the properties by bad weather conditions, compared to encapsulated lens type reflective sheets. Optimization of the amount of glass beads on the surface was carried out, which determines the retroreflective properties. Enclosed and encapsulated lens type reflective sheets with various colors were prepared and their coefficients of retroreflection were determined. The encapsulated type reflective sheet with white color shows a coefficient of retroreflection of $210.4 \text{ cd}/1\text{x} \cdot \text{m}^2$, which is higher than the enclosed type ($74 \text{ cd}/1\text{x} \cdot \text{m}^2$). Effect of washing on the reflective property and adhesive power of the reflective sheets was investigated, and it is found that the number of glass beads decreased with washing and the aluminum layer deposited was damaged extensively in the encapsulated lens type reflective sheets.

Keywords : glass beads, retroreflection, reflective sheet, enclosed lens type, encapsulated lens type

[†]대표저자 E-mail: jhahn@gnu.ac.kr

I. 서 론

스포츠웨어, 야간 도로공사 현장이나 경비원, 경찰관 및 소방관의 옷 등에서 빛의 특성을 이용하여 일상생활과 산업현장에서 발생할 수 있는 각종 안전사고로부터 우리들의 소중한 생명과 재산을 보호하기 위한 응용기술이 적용되고 있다. 그러한 의복에서 발견되는 라인 모양의 것과 각종 반사스티커 등을 일반적으로 리플렉티브라 한다.¹ 리플렉티브에는 크게 2종류가 있는데, 빛을 반사하는 것과 빛을 축적하는 것이다. 엄밀하게 구분하면, 전자만이 리플렉티브이고 후자는 축광체라 부른다. 반사 형태의 리플렉티브에는 입사광의 방향으로 반사광이 되돌아가는 재귀반사라고 하는 성질을 갖는 것이 최대의 특징이다. 재귀반사의 원리를 이용하는 재귀반사시트는 크게 유리구슬을 이용하는 형태(Glass Bead Type)와 마이크로프리즘을 이용하는 형태(Micropismatic Type)로 분류된다.²

유리구슬에 의한 재귀반사 원리는 미세한 유리구슬을 원단이나 필름 위에 균일하게 도포하여 입사광을 광원의 방향으로 똑바로 되돌리는 원리다. 특히 재귀반사 성능을 향상시키기 위해 유리구슬의 뒷면에 특수 코팅 처리를 하여 반사 성능을 향상시킨다. 각각의 유리구슬 표면에 입사된 빛은 구슬 뒷면에서 굴절된 후 빛이 들어 온 방향과 같은 방향으로 반사되어 나간다.³ 마이크로프리즘에 의한 재귀반사 원리는 삼각뿔 모양의 렌즈가 유리구슬과 똑같은 역할을 하며, 입사된 빛은 프

리즘 내부의 경사면에서 차례로 굴절되어 광원과 평행한 빛으로 되돌아 나온다. Figure 1에 각각에 대한 재귀반사 원리를 나타내었다.

일정 면적의 반사소재에 광원으로부터 일정양의 조도를 줄 경우 반사되는 빛의 세기 즉 재귀반사율(Retroreflectivity: $cd/lx \cdot m^2$)에 따라 재귀반사지는 일반반사지(Engineering grade reflective sheet), 고휘도반사지(High intensity reflective sheet), 초고휘도반사지(Diamond grade reflective sheet)로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 유리구슬을 사용하여 일반반사지 및 고휘도반사지를 제조하고, 그들의 반사성과 물리적 특성을 조사하였다. 일반반사지는 봉입렌즈형(Enclosed lens type) 구조로 옥외광고, 차량안전표시, 건물번호판 및 각종 스티커 등에 광범위하게 적용되고 있다. 또한 고휘도반사지는 미세한 유리구슬을 공기층에 노출시킨 캡슐렌즈형(Encapsulated lens type) 구조로써 일반반사지 보다 3배 이상의 반사성을 지니고 있어 주·야간 어떤 조건에서도 우수한 시각효과를 발휘하므로 대부분 도로용으로 사용되고 있다.⁴

II. 실 험

유리구슬형의 재귀반사 시트의 제조 방법을 Figure 2와 Figure 3에 각각 나타내었다. 전술한 바와 같이 유리구슬이 공기 중에 노출되는 여부에 따라 봉입렌즈형과 캡슐렌즈형의

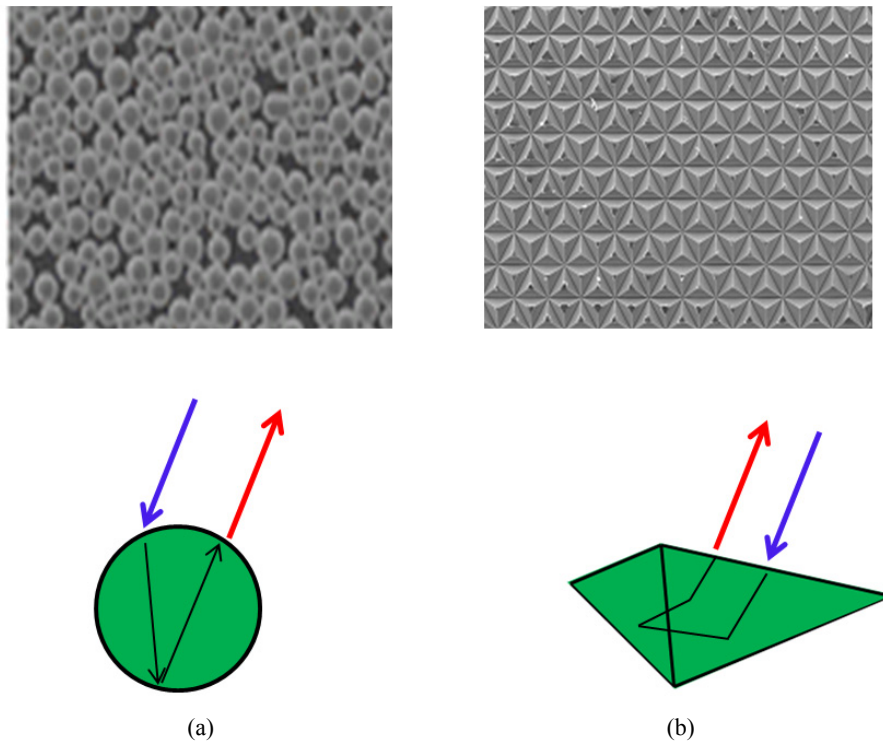


Figure 1. Reflective principle of (a) glass bead and (b) microprism types.

두 종류로 구분된다.

캡슐렌즈형 재귀반사 시트의 제조방법을 Figure 2에 나타내었다. 열가소성 폴리에틸렌(PE)이 입혀진 PET층 위에 유리구슬을 고온(PE 녹는점 이상)에서 고르게 도포한다. 알루미늄 증착이 잘되게 하기 위해서 전처리제(Primer)를 사용하여 전처리를 한 후 알루미늄 증착을 균일한 조건에서 실시하며, 폴리우레탄 접착제를 균일한 두께로 도포하고 원단을 붙인 후 PET층을 제거하여 제조한다. 용도에 따라 원단을 붙이기도 하고 원단 없이 제조하기도 한다.

봉입렌즈형 재귀반사 시트는 Figure 3에 도시한 바와 같이 아크릴 투명 접착제가 입혀진 PET층 위에 유리구슬을 고르게 도포하고 다시 아크릴로 코팅한 후 알루미늄을 균일하게 증착한다. 마지막으로 접착제가 입혀진 이형지를 붙여서 제조한다. 다른 공정은 캡슐렌즈형과 같다.

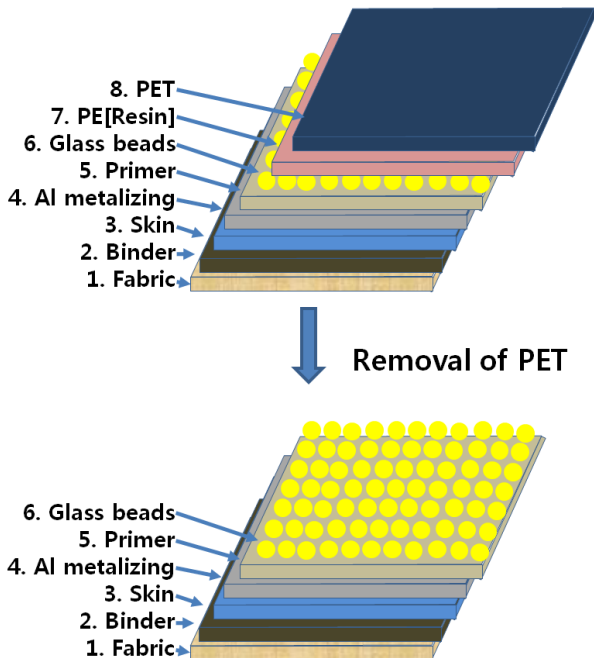


Figure 2. Synthetic procedure of encapsulated type reflective sheet.

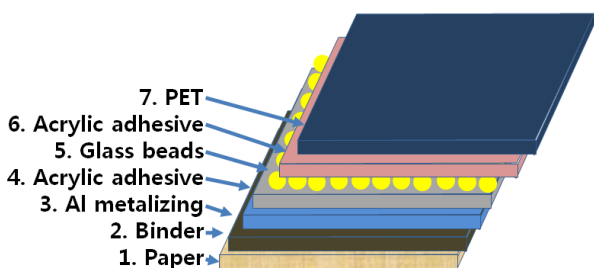


Figure 3. Synthetic procedure of enclosed type reflective sheet.

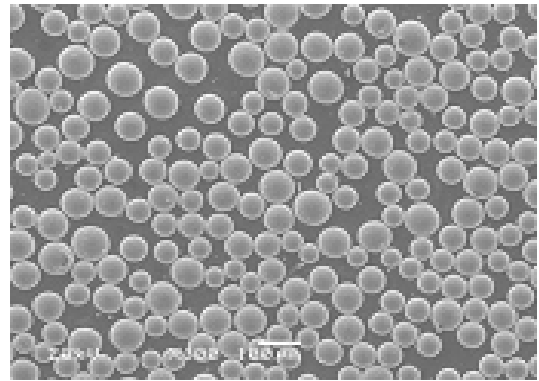


Figure 4. SEM picture of glass beads used.

III. 결과 및 고찰

Figure 4에 본 연구에서 사용된 유리구슬의 전자현미경 사진을 나타내었다. 유리구슬의 크기에 따른 사전 연구에 의하면 유리구슬의 크기가 커질수록 그 휘도는 커지나 크기가 커질수록 표면이 거칠어지기 때문에 마모성이 생길 수 있으므로 적절한 휘도를 가지면서 적절한 크기를 갖는 유리구슬이 필요하다. 본 연구에서는 표면이 매끄럽고 마모성이 적은 40-70 μm 정도의 크기를 갖는 유리구슬을 사용하였다.

Figure 2에 나타난 제조방법에 따라 제조된 캡슐렌즈형 재귀반사 시트의 제조공정 순서에 따른 각각의 단면을 주사전자현미경으로 관찰한 것을 Figure 5에 나타내었다. 캡슐렌즈형 재귀반사 시트는 봉입렌즈형 시트에서 PE 및 skin층을 만드는 두개 공정이 추가 되었으며, 약 320 μm 의 두께를 갖는 캡슐렌즈형 재귀반사 시트를 제조하였다. 알루미늄을 증착한 후 원단을 붙이고 맨 위 층의 PET를 제거한 완제품을 마지막에 나타내었고 완제품에서 맨 아래 층은 원단을 나타내었다.

Figure 6에는 Figure 3의 제조공정에 따라 제조되는 봉입렌즈형 재귀반사 시트의 주사전자현미경 사진을 나타내었다. 봉입렌즈형 재귀반사 시트의 PET 층 두께는 약 100 μm 이며, 그 위에 아크릴 투명 접착제는 70-80 μm 의 두께로 도포되어 있다. 알루미늄의 증착 두께는 수 nm로 그림에서는 관찰할 수 없었다. 두 샘플 모두 균일한 두께를 갖는 유리구슬 층을 보여주고 있으며, 유리구슬이 일부 떨어지고 부서진 것은 주사전자현미경 사진을 찍기 위해 단면을 절단하는 과정에서 발생한 것이다. 최종적으로 유리구슬이 공기에 노출되면 캡슐렌즈형이며, 노출되지 않으면 봉입렌즈형의 재귀반사 시트가 된다. 두 종류의 재귀반사 시트는 동일한 목적으로 사용되기도 하지만 악천후에 견디는 특성과 휘도 등이 차이가 난다. 일반적으로 캡슐렌즈형의 경우 이물질이나 물이 묻을 경우 휘도가 현저히 감소하는 특성이 있으나, 봉입렌즈형의 경우 캡슐렌즈형 반사 시트에 비해 유리구슬을 덮고 있는 층이 있어서 휘도는 낮지

Table 1. Coefficient of Retroreflection of Enclosed Type Reflective Sheets with Different Colors

	WHITE			BLUE			GREEN		
Entrance Angle	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30
Observation Angle									
0.20	101.3		47.2	88		5.4	15.6		9.7
0.33		74.0			6.3			11.1	
0.50	46.5		29.1	4.1		3.1	7.4		5.6
2.00	7.8		6.3	0.9		0.7	1.9		1.5
	YELLOW			ORANGE			RED		
Entrance Angle	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30
Observation Angle									
0.20	62.7		27.0	27.3		19.8	32.8		21.3
0.33		47.9			18.4			25.0	
0.50	31.7		17.9	10.3		10.4	15.5		13.8
2.00	4.7		3.3	3.7		2.7	3.2		2.4

*European Angle

Coefficient of retroreflection $R_a = cd/1x \cdot m^2$ Measurement area : 0.00066 m^2 **Table 2. Coefficient of Retroreflection of Encapsulated Type Reflective Sheets with Different Colors**

	WHITE			BLUE			GREEN		
Entrance Angle	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30
Observation Angle									
0.20	283.8		248.6	28.8		24.8	52.3		44.5
0.33		210.4			20.4			38.4	
0.50	115.3		110.4	10.3		9.4	20.0		19.0
2.00	6.2		5.5	0.6		0.4	1.2		0.8
	YELLOW			ORANGE			RED		
Entrance Angle	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30	-4	+5*	+30
Observation Angle									
0.20	197.1		167.8	117.2		101.0	71.6		59.1
0.33		139.7			84.5			54.1	
0.50	67.9		66.2	43.8		42.0	30.2		27.0
2.00	5.2		4.1	2.9		2.3	1.5		1.2

*European Angle

Coefficient of retroreflection $R_a = cd/1x \cdot m^2$ Measurement area: 0.00066 m^2

만 이물질이나 물이 묻었을 경우에도 휘도의 감소가 거의 없어 도로 표지판이나 분리대와 같은 곳에 주로 사용되고 있다.

다양한 색상을 지니는 봉입렌즈형 채귀반사 시트를 제조하여 입사각과 관찰각에 따른 채귀반사 시트의 휘도를 조사하여 그 결과를 Table 1 에 나타내었다. 일반적으로 단위 면적당 도포되는 유리구슬의 도포량에 따라 휘도가 달라지게 된다.

그리고 입사각과 관찰각에 따라서도 휘도 차이가 매우 달라진다. 유리구슬 형태의 황색 채귀반사 시트의 경우 입사각 +5, 관찰각 0.33 조건에서 유리구슬 도포량에 따른 휘도를 측정한 결과에서 단위 면적당 도포량이 150 g/m^2 일 경우가 가장 높은 휘도인 47.9 $cd/1x \cdot m^2$ 를 나타내어 다른 색상에서도 모두 도포량은 150 g/m^2 로 고정하였다.

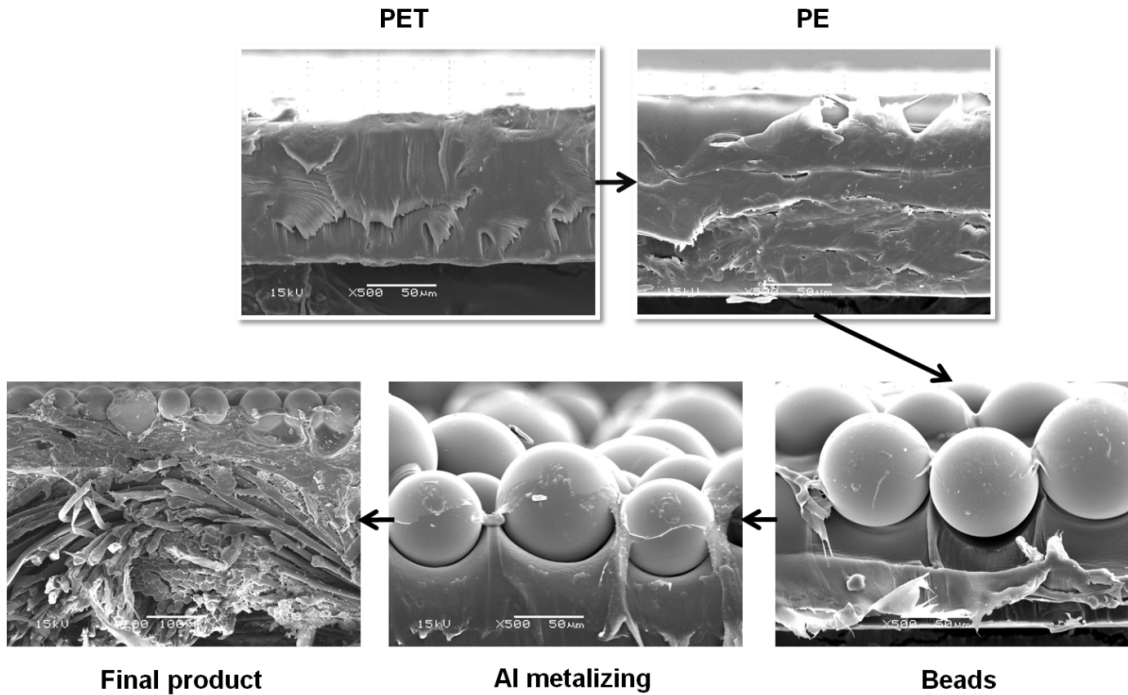


Figure 5. SEM pictures of the cross-sections of encapsulated type reflective sheet.

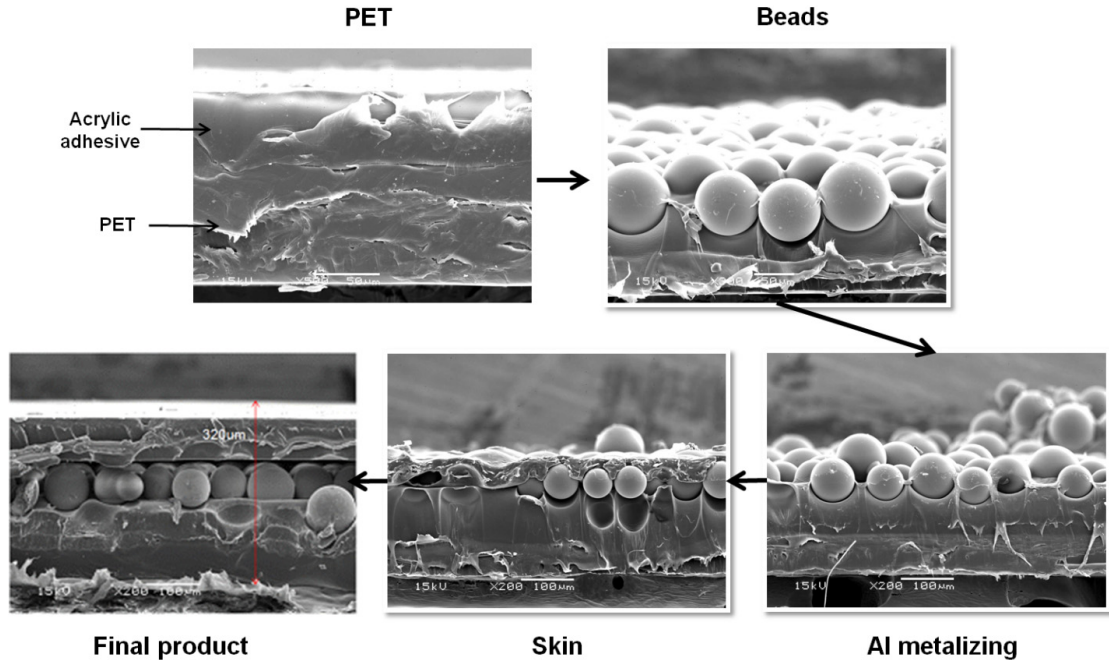


Figure 6. SEM pictures of the cross-sections of enclosed type reflective sheet.

그리고 Table 2에는 캡슐렌즈형의 다양한 색상에 따른 재귀 반사 시트의 재귀반사 특성을 나타내었다. 유럽기준 EN471에 의거 입사각 +5, 관찰각 0.33 조건에서 황색의 경우 $139 \text{ cd/lx} \cdot \text{m}^2$, 백색의 경우 $210.4 \text{ cd/lx} \cdot \text{m}^2$ 의 우수한 재귀반사 특성을

나타내었다. Table 1과 Table 2의 결과를 비교하면 캡슐렌즈형 재귀반사 시트가 봉입렌즈형 시트 보다 우수한 재귀반사 특성을 나타낸다는 것을 알 수 있다.^{5,7} 또한 입사각과 관찰각에 따라 휘도 차이가 매우 크다는 것을 알 수 있다.

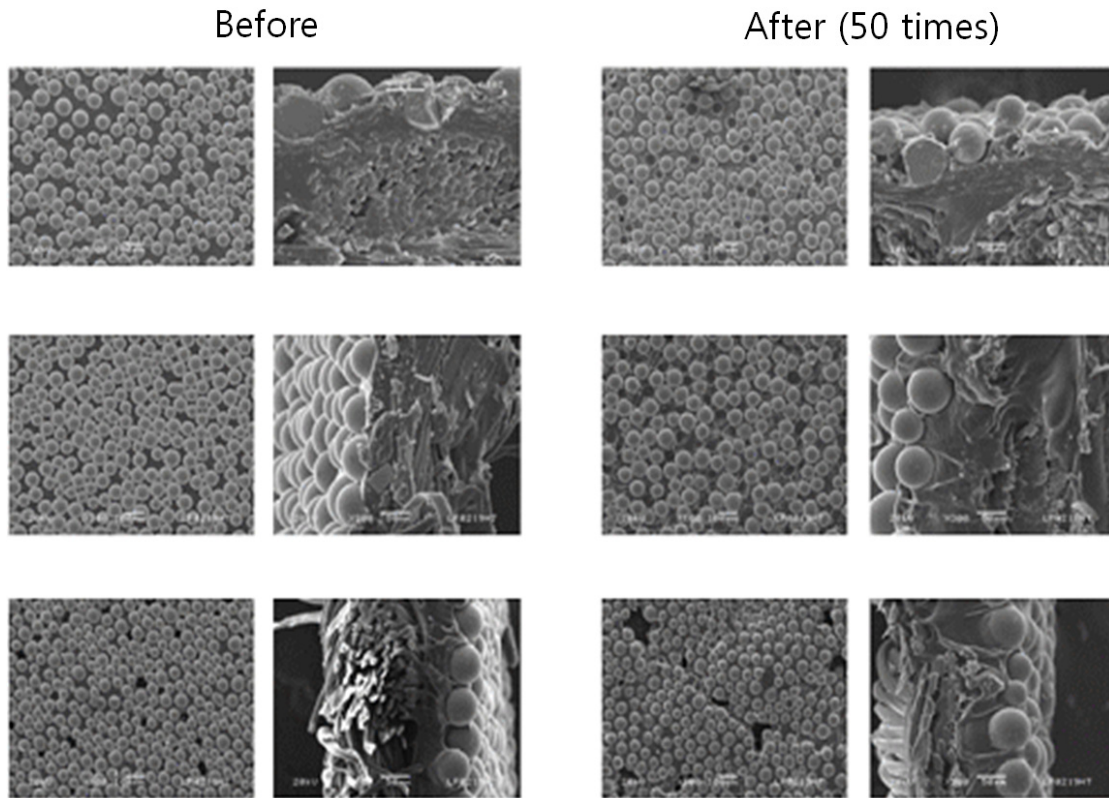


Figure 7. SEM pictures of surface and cross-section of encapsulated type reflective sheets before and after washing.

재귀반사 시트의 특성을 평가하는 항목 중 하나는 세탁 전·후 휘도 변화이다. 이 휘도 변화를 통해 재귀반사 시트의 세탁력과 점착성능을 알 수 있다. 본 연구에서는 연속으로 50회 세탁 후의 제품을 세탁 전의 제품과 비교하는 방법을 사용하였다. 유리구슬이 공기에 노출되어 있는 캡슐렌즈형 재귀반사 시트를 50회 연속 세탁을 한 제품과 세탁하지 않은 제품의 표면과 단면을 주사전자현미경을 사용하여 분석한 결과를 Figure 7에 나타내었다. 표면과 단면을 각각 관찰한 결과, 세탁하지 않은 제품의 경우(왼쪽) 단위 면적당 유리구슬의 수가 많으며 바인더 층에 균일하게 잘 부착되어 있는 것을 알 수 있고 50회 연속 세탁을 한 제품의 경우(오른쪽)에는 단위 면적당 유리구슬의 수가 줄었고 일부 유리구슬이 떨어져 나가서 들쭉날쭉한 모습이 관찰되었다. 또한 알루미늄 증착면이 훼손되어 증착된 부분이 일어난 것을 확인할 수 있었다. 백색 재귀반사 시트의 경우 휘도가 세탁 전 $210.4 \text{ cd/lx}\cdot\text{m}^2$ 에서 세탁 후 $40 \text{ cd/lx}\cdot\text{m}^2$ 으로 현저히 감소하였다. 이는 유리구슬과 바인더 층의 접착성 부족과 약한 코팅 층의 결과로 이 부분을 해결하기 위해서 접착성능이 우수한 고분자수지를 위한 추가적인 연구가 더욱 필요하다.

IV. 결 론

본 연구에서는 유리구슬형의 재귀반사 시트의 제조와 특성 평가를 하였다. 유리구슬형 재귀반사를 캡슐렌즈형과 봉입렌즈형의 두 가지 형태로 제조하였다. 유리구슬 위를 덮고 있는 층이 있는 봉입렌즈형은 유리구슬 위에 한 개의 층이 더 있어 약천후에 휘도 변화가 거의 없지만 캡슐렌즈형에 비해 휘도가 떨어졌다. 그리고 유리구슬의 도포량에 따라 휘도가 달라지므로 최적의 도포량을 찾기 위해 실험을 한 결과 도포량이 150 g/m^2 일 경우 황색 재귀반사 시트의 휘도가 $47.9 \text{ cd/lx}\cdot\text{m}^2$ 으로 가장 우수하게 나타났다. 공기에 노출되는 캡슐렌즈형 백색 재귀반사 시트의 휘도가 $210.4 \text{ cd/lx}\cdot\text{m}^2$ 으로 봉입렌즈형 시트보다 휘도가 매우 높은 것으로 나타났다. 그러나 공기에 노출되어 있으므로 이물질이나 물이 묻었을 경우 휘도가 떨어지는 현상이 나타났고, 백색 재귀반사 시트를 50회 연속 세탁 할 경우 휘도가 $40 \text{ cd/lx}\cdot\text{m}^2$ 으로 현저히 감소하였다.

감사의 글

이 연구는 교육과학기술부 지원사업으로 2008년에 선정된 지역혁신인력양성사업의 연구지원으로 수행되었기에 감사

드립니다.

참 고 문 헌

1. J. H. Ahn, I. H. Kim, H. S. Ryu, J. S. Kim, M. Y. Heo, J. W. Park, J. H. Ji, D. H. Back, C. R. Shin, H. J. Ahn, and J. W. Choi, "Retro-reflection sheet, and retro-reflection object, outdoor display apparatus thereof", *Korean Patent* 10-0934468 (2009).
2. B. S. So, Y. H. Jung, and D. W. Lee, "A study on the shape of efficient retroreflective articles", *J. Korean Soc. Prec. Eng.*, **19**, 160 (2002).
3. H. E. Lee, "Analysis on glass-bead type retroreflector's optical characteristics", *J. Korean Soc. Prec. Eng.*, **11**, 165 (1994).
4. H. Y. Lee, W. T. Kwon, H. K. Jung, and Y. T. Oh, "A study on the mechanism and design of reflective sheet", *Tran. Korean Soc. Machine Tool Engineers*, **17**, 65 (2008).
5. J. A. Jung and J. S. Cho, "Safety Reflectors in Children's Wear", *J. Korean Home Economics Association*, **44**, 93 (2006).
6. W. S. Park, Y. K. Ryu, and H. S. Cho, "Measurement of the 3-dimensional shapes of specular objects by using double pass retro-reflection", *J. Korean Soc. Prec. Eng.*, **13**, 64 (1996).
7. W. J. Lee, H. J. Park, and M. H. Lee, "The refractive index measurement using total reflection", *J. Korean Ophthalmic Optics Soc.*, **1**, 103 (1996).