

에너지 절약형 Low-E Glass 기술과 발전

글 _ 김종철
(주)케이씨씨 건축코팅기술부

1. 건축물에서 유리의 사용

최근 건설되고 있는 고층 빌딩들을 보면 외관 디자인이 상당히 중요한 설계 포인트이며, 이러한 미려한 디자인의 건축물 설계에 적용되는 외장재로서 유리의 위치는 다른 자재들에 비해 독보적이라고 할 수 있다. 이처럼 유리가 외장재로서 많은 선택을 받게 된 이유는 유리 본연의 특성인 투명성을 확보함과 동시에, 유리의 조성 변화나 코팅 등에 의해 건축물의 외관 색깔을 다양하게 표현하여, 건물 디자이너의 창조의 한계를 넓혀주는 중요한



Fig. 1. 고층빌딩의 유리의 적용.

자재이기 때문이다. 그 뿐 아니라, 소재의 경량성으로 인해 초고층 빌딩의 하중 감소 방안으로서 설계 시에 주로 커튼 월 공법 등으로 많이 적용되고 있다.

이러한 이유들로 인해 최근 건설되는 건물들에 외장재로서 유리가 적용되는 비율이 증가하고 있으며, 특히, 넓은 창을 선호하는 한국 정서상 고층 아파트 및 전면 발코니 창 등에 적용되는 비율이 상당히 높아지고 있다.

위에서 언급한 바와 같이 유리는 그 물질의 특성상 여타 다른 건축자재에 비해 투명성을 확보하면서 외관을 표현할 수 있다는 장점을 지니고 있지만, 가시광선뿐만 아니라 열선의 출입 또한 자유로워서 겨울철에는 실내 난방열의 손실이 발생하며, 여름철에는 태양열이 실내로 유입되어 냉방에너지의 손실이 일어나는 통로가 되기도 한다.

이러한 제약점은 대단위 냉난방이 필요한 중대형 건물에서 특히 부각되고 있다.

2. Low-E 유리와 최근 에너지 절약정책

최근 기후 변화에 관한 보고서들을 보면 북반구는 더욱 추운 겨울과 더운 여름이 교차하며, 남반구는 극심한 가뭄과 더위에 시달릴 것이라고 한다. 그 원인은 북반구의 빙하가 녹아 주위 바닷물의 농도가 얼어짐에 따라 적도에서 오는 난류의 유입량이 감소하게 되어 극단적으로 표현하면 북반구가 미니 빙하기를 맞을 수도 있다는 것이다. 이와 같은 기후의 변화와 화석연료의 고갈은 전 세계적으로 유가 상승과 환경보호 정책 등을 촉진하여, 에

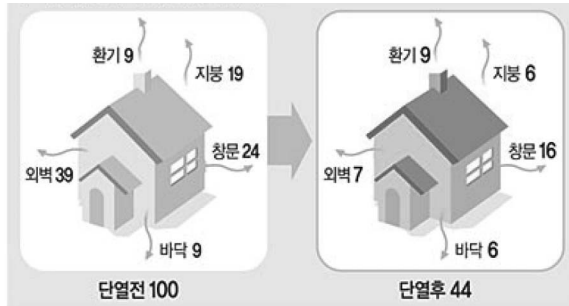


Fig. 2. 주택 단열 전후의 열손실 지수 비교

너지절약에 대한 관심이 증대되고 있으며, 각국 정부에서는 이러한 변화에 발맞추어 건축산업의 변화를 추구하고 있어 판유리 업계도 급속도의 변화를 겪고 있다.

다수의 에너지 조사 보고서에 따르면 건물 분야의 에너지 소비는 국내 총 에너지 소비량의 약 25% 정도를 차지할 정도로 막대한 양이며, 일반적으로 건물에서 발생되는 에너지 손실은 건물의 벽체나 지붕, 그리고 창 등을 통하여 이루어지게 된다. 이중에서 창을 통한 열손실량은 주거용 건물의 경우 전체 열손실량의 20~40% 정도를 차지하고 있으며 일반 사무용 건물인 경우에는 15~35% 정도를 차지할 정도로 큰 비율이다. 이는 창의 열관류율이 벽체나 지붕의 6~7배 정도로 커서 건물 외피 중 열적으로 가장 취약한 부위이기 때문이다.

쾌적한 주거공간을 확보함과 동시에 에너지를 절약하기 위한 현실적인 방안으로 그 적용비율이 지속적으로 증가하고 있는 것이 바로 단열성이 우수한 Low-E 유리의 사용이다. Low-E 유리의 사용은 에너지 절감, 안락한 주거환경 조성, 유리창 이슬 맺힘 및 서리방지, 자외선 유입감소를 통한 내장재 변색 방지 등의 부대효과를 얻을 수 있다.

2007년 EU는 27개 회원국이 모여서 2020년까지 에너지 사용량을 20% 절감하는 정책을 발의 했으며, 아래와 같이 “20/20/20/20”이라는 슬로건을 내걸었다.

- 2020년까지 2005년 대비 20% 에너지 효율 증대
- 2020년까지 온실가스 방출 20% 감축
- 에너지 사용비율 중 20%는 재생 에너지의 사용

이러한 정책을 통해 EU는 연간 500억 US달러의 에너지 비용 절감 및 780 Mt의 CO₂의 절감을 기대하고 있다.

Table 1. 건축물의 부위별 열손실

손실비율(%)	천정, 지붕	바닥	벽체	외벽 창호
	20 ~ 30	15 ~ 25	20 ~ 30	20 ~ 40

* 실내온도를 20℃로 유지하는 경우
* 기후 및 단열재 사용 유무, 재료에 따라 손실비율 가변

Table 2. 국가별 Low-E 유리 사용비율

국가	독일	스위스	오스트리아	네덜란드	유럽(평균)	한국
Low-E 유리 사용비율	91%	78%	72%	50%	40%	5%

이와 같이 독일, 영국 및 일본 등 해외에서는 정부 정책의 강력한 드라이브를 통해 에너지 절감, 이산화 탄소 감축 등에 탁월한 효과를 지닌 Low-E 유리 창호의 사용률이 전체 대비 70% 이상을 차지하고 있다.

특히, 전체 에너지 소비량의 98%를 수입에 의존하고 있는 우리나라에서 에너지 절감의 중요성은 반복해서 강조해도 부족함이 없으며, 이에 우리나라도 최근 저 탄소 녹색성장 구현을 위해 올해부터 창호, 벽 등의 단열 성능 기준을 강화하는 등의 정책을 추진하고 있다.

2011년 2월 1일부터 “건축물의 에너지 절약 설계기준 및 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙” 개정을 통해 건축물 열관류율 기준이 강화되었으며, 2012년 1월 1일부터는 “창호 에너지 소비효율 등급표시제도” 등을 통해 2012년까지 냉난방 에너지의 50%를 절감하고, 2025년에는 제로 에너지 건물을 의무화 할 것이다.

또한, 친환경 인증을 받은 건축물은 세제를 감면 받고 건축기준이 완화되는 등 인센티브를 받게 된다. 이에 따라 Low-E 유리와 같은 고기능성, 고부가가치 유리 비중이 지속적으로 확대될 전망이다.

3. Low-E 유리의 작동 원리

Low-E 유리란 방사율(Emissivity)이 낮은 유리를 지칭하며, 유리의 표면에 전도성 금속 박막 코팅을 하여, 투명성은 유지하는 동시에 적외선만을 반사시켜 에너지의 흡수 / 재방사에 의한 열 손실을 원천적으로 막아주는 기능성유리로, 투명 전도 코팅(Transparent Conductive Coating, TCC)의 일종이다.

Low-E 코팅막은 Glass / dielectric / silver / dielectric의 구조를 가지고 있는 것이 일반적이다. Low-E 성능의

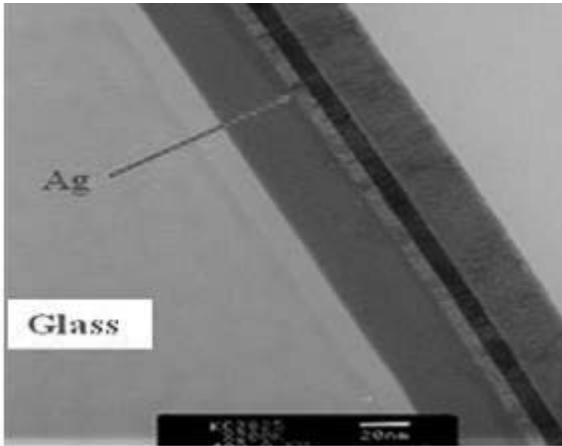


Fig. 3. Single Low-E의 코팅막 단면.

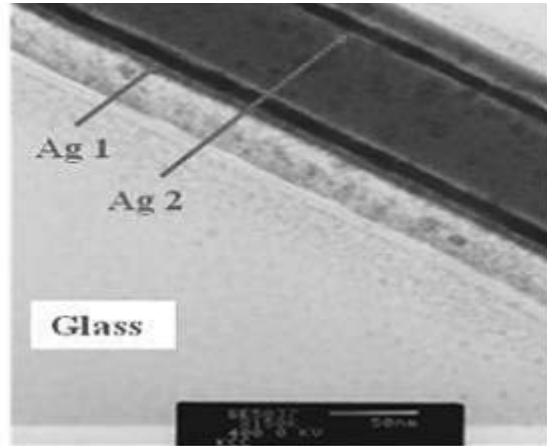


Fig. 4. Double Low-E의 코팅막 단면.

대부분은 dielectric layer 사이에 위치한 silver layer에 의해서 구현되며 그 Silver의 수에 따라 Single Low-E, Double Low-E, Triple Low-E 라고 칭한다.

초기 Low-E유리 (Single Low-E)의 개념은 태양광 (200~2000nm) 영역대의 투과율을 높이고, 적외선(750, 특히 2,000~1mm) 영역의 파장을 반사시키는 유리였다. 즉, 태양열은 최대한 받아 들이고, 실내의 열원으로 발생하는 열(태양빛을 흡수한 후 재방사 되는 열, 난방 기구에서 발생하는 열, 사람의 몸에서 발생하는 열 등)은 반사시켜, 실내에 가두어 건축물의 난방 부하를 크게 줄인 제품이었으나, 최근에는 가시광선 이외의 영역은 모두 반사시키는 성능을 갖도록 하는 제품을 개발하는 것이 추세이다.

Low-E 유리의 작동원리는 1900년대 초반의 Drude와

Hagen Rubens에 의한 금속의 열의 재방출은 자유 전자의 양과 관련 있음을 설명하는 연구에 의해 설명되는데, Low-E 유리가 입사광의 파장대에 따른 선택적인 투과와 반사가 가능한 것은 코팅막이 보유하고 있는 자유전자의 양, 즉 전기 전도도와 밀접한 관련이 있다는 것이 Low-E 유리에 적용된 이론이다.

Drude 모델을 보면, 좌측의 식에서 plasma frequency(ω_p)의 물리적 의미는 plasma frequency 이하의 진동수에서는 반사율이 급격히 높아진다는 것을 의미한다.

이러한 plasma frequency는 코팅 막의 전자 농도(n)에 의해 영향을 받게 되며, 따라서 금속 코팅 막의 전자 농도가 높아질수록 점점 더 짧은 파장의 빛을 반사 시킬 수가 있으며, 그 이상의 파장에서 더욱 높은 반사 특성을 갖게 된다.

이것은 자유전자의 충돌 진동수(collision frequency)보다 큰 파장의 전자파는 진동하고 있는 자유전자의 벽을

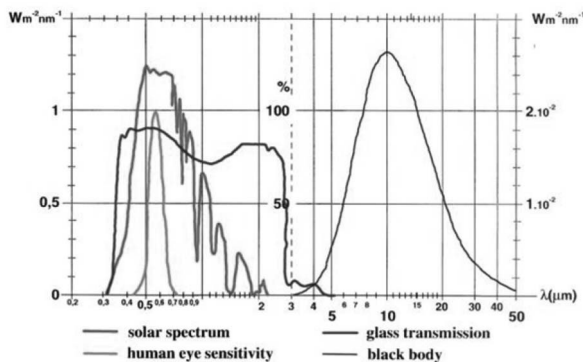


Fig. 5. Solar Spectrum 및 실내 물체로부터의 복사 Spectrum.

$$\omega_p^2 = \left(\frac{c}{\lambda_p} \cdot 2\pi \right)^2 = \frac{Ne^2}{\epsilon_0 \epsilon_m m}$$

- c : 빛의 속도
- N : 전자의 농도
- ϵ_0 : free space에서의 permittivity
- ϵ_m : $\omega = 0$ 일때의 relative permittivity
- m : 전자의 유효질량

[Drude Model]

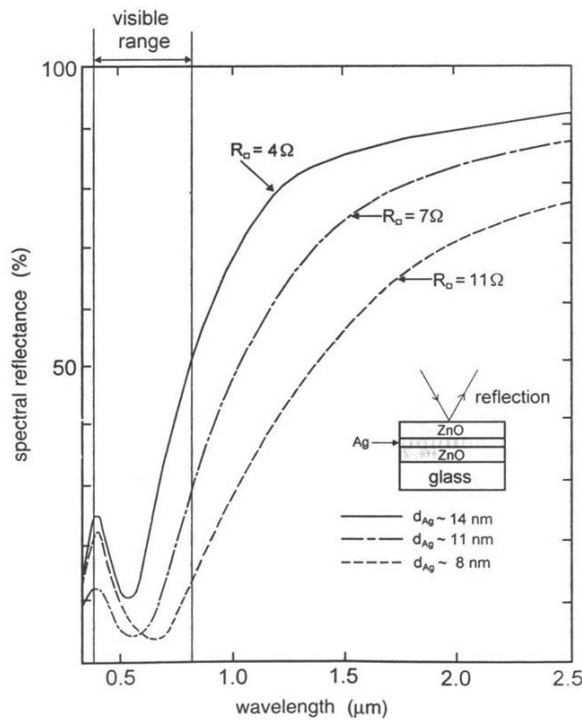


Fig. 6. 태양광 영역에서 Ag layer의 두께의 다른 반사율 그래프

통과할 수 없는 것으로 자유전자의 진동에 의해 생성된 장벽을 전자파가 통과 하기 위해서는 전자파의 에너지가 자유전자에 의해 생성된 장벽보다 커야 한다.

또한 열선 영역의 전자파는 고체를 거의 투과하지 못하므로 재 방사는 모두 흡수에 의해 발생하는 것으로 볼 수 있으므로 다음과 같은 공식이 성립한다.

$$\epsilon = 1 - R_{IR} (R: 반사율)$$

충돌진동수와 조사된 전자파의 진동수와 같은 영역에서는 조사된 빛에 의해 자유전자군의 전체적인 진동을 하게 되며, 전하의 움직임의 측면에서 plasma resonance 영역이라고 불려지고 있다.

Fig. 6에서 보면 두께가 증가하여 면저항이 작아짐에 따라(전도도가 좋아짐에 따라) 다음과 같은 현상을 관찰할 수 있다.

- 적외선 영역의 반사율이 높아진다.
- 즉, $\epsilon = 1 - R_{IR}$ 에 의거 방사율이 낮아진다.
- Plasma resonance 영역이 가시광선 쪽으로 가까워진다.
- Plasma resonance 영역의 범위가 좁아진다.

(Plasma resonance 영역에서 급격하게 투과율 변화가 발생한다.)

위의 관찰을 통해, 좀더 좋은 전기 전도성을 갖는 재료는 방사율이 낮아지므로 인해, Low-E 유리와 같이 건물 내부의 열을 외부와 차단하는 역할을 하는 유리에서 에너지절약 효과가 크게 되며, 전기전도성이 좋은 금속재료 투명전도막이 TCO 보다 더 좋은 저방사 특징을 갖게 된다.

Single Low-E의 경우 주로 중적외선 파장 이상에서부터 반사가 일어나지만, Double Low-E의 경우에는 2층의 금속 코팅막을 통해 전자 농도가 더욱 높아지게 되어 근적외선 영역(780nm~ 3,000nm)부터 반사가 이루어진다. 또한, 그 이상의 파장에서도 Single Low-E보다 높기 때문에,

1. Double Low-E의 경우 중, 원적외선 영역의 파장의 반사율이 Single Low-E 보다 높아 실내의 열이 밖으로 나가는 것을 더욱 많이 차단
2. Double Low-E의 경우 plasma frequency가 Single Low-E보다 높아 태양광선에서 오는 근적외선 영역부터 반사가 이루어져 태양광 투과율 감소 (즉 차폐 계수 감소)

즉 위와 같은 특성으로 인해 Double Low-E의 경우 난방 부하 감소 및 냉방 부하 감소의 효과를 갖게 된다.

4. Low-E 유리의 제조공법

유리를 코팅하기 위한 많은 공정들이 수십 년 동안 시도 되어 왔지만 현재 대량 생산에 적용되고 있는 제조 공법은 영국의 Pilkington 사에 의해 처음 도입된 CVD에 의한 하드코팅 공법과 널리 알려진 Magnetron Sputtering Vacuum Deposition에 의한 소프트코팅 공법이다.

하드코팅법은 코팅원료 물질을 뜨거운 유리에 균일하게 분배하여 유리의 열에 의해 원료물질이 분해가 일어나면서 코팅되는 방식이다. 뜨거운 유리에 코팅원료를 어떤 상태로 분배하느냐에 따라 고체 상태일 때는 Powder 방식, 액체 상태일 때는 spray 방식, 기체 상태일 때는 CVD (Chemical Vapor Deposition) 방식으로 나누어 진

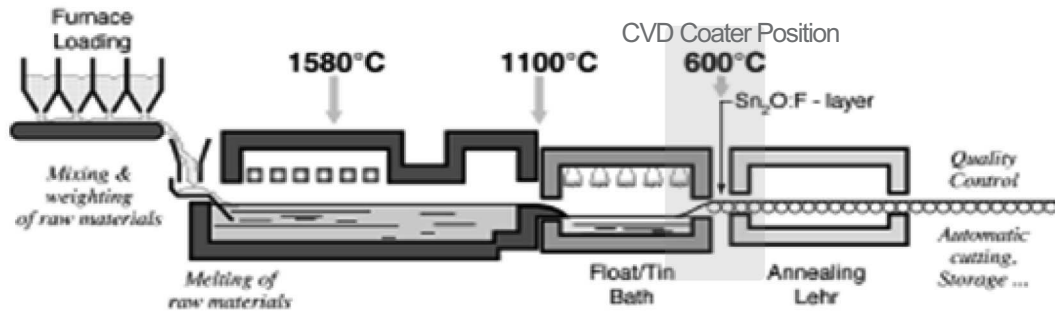


Fig. 7. Float Line에서 가능한 CVD Coater 위치.

다. 그 중에서 가장 일반화된 하드코팅방식인 CVD 방식은 On-line으로 코팅하는 System으로서 매우 높은 온도(600~700°C)에서 반응이 일어나기 때문에 유리와 코팅막이 단단하게 공유 결합하여 물리적으로 강한 내구성을 지니며, 화학적으로도 안정하다. 또한 이 system은 매우 빠른 증착속도(> 100~1000 nm/s)를 갖고 있기 때문에 일반 Float line에서 On-line 코팅 적용이 가능하다.

Coater는 Float line에 통합되어 운전되는데 주로 유리 성형이 일어나는 Tin Bath의 끝부분과 Lehr 시작부분 사이에 설치된다. Fig. 7은 일반적인 Float 판유리 생산라인상에서의 CVD 장비 위치를 표현하는 그림이다.

하드 코팅은 일반적으로 최소한 두 개의 서로 다른 금속산화물의 층으로 구성된다. 첫 번째 층은 Glass Substrate 바로 위에 위치한 층으로서 Color suppression 기능과 상부 막과 유리간의 Barrier 역할을 하며, Top layer는 그 코팅의 고유의 목적 물성을 나타낸다.

하드코팅 제품은 물리, 화학적으로 매우 강한 내구성을 지니기 때문에 후 가공 작업상의 취급성이 좋고, 절단

강화 등 후 가공에 특별한 제약이 없는 등 가공성이 뛰어난 반면, 다양한 재료의 선택이나, 여러 가지 종류의 코팅 막의 구현이 어려우며, Thermal Performance가 소프트 코팅제품에 비해서 떨어지는 단점이 있다.

Magnetron Sputtering Vacuum Deposition에 의한 소프트 코팅은 하드코팅 방식에 대비하여 볼 때 Off-line system으로 코팅하는 방식이다. 반응을 위한 Gas가 일정 압력을 유지하고 있는 진공 챔버 내에 상온의 Glass Substrate가 위치하고, 고전압을 인가하여 방전시키면 Target(영구자석이 뒷면에 위치하고 있는) 표면 근처에 Glow Discharge (Plasma)가 형성된다. 이 Glow Discharge 내의 이온화된 기체가 고체의 코팅재료(Target)에 강한 운동에너지로 충돌하게 되고 이때 코팅물질의 원자가 튀어나와 유리에 물리적인 결합으로 부착되어 코팅되는 방식이다.

Sputtering 방식을 적용한 Low-E 코팅유리는 주로 열적인 성능을 부여하는 코팅막이 전기전도성이 우수한 Ag를 중심으로 구성되어있기 때문에 상대적으로 단열

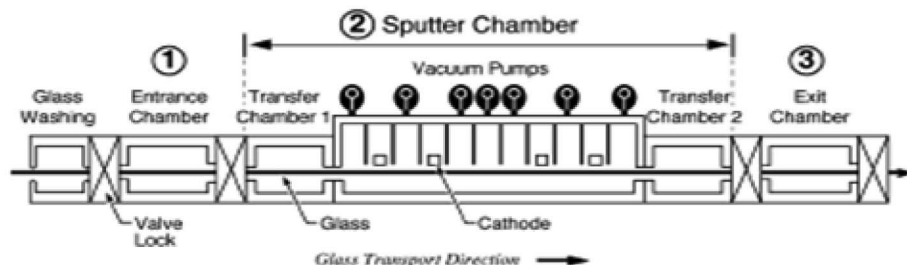


Fig. 8. Continuous-batch sputter-coating reactor 모식도.

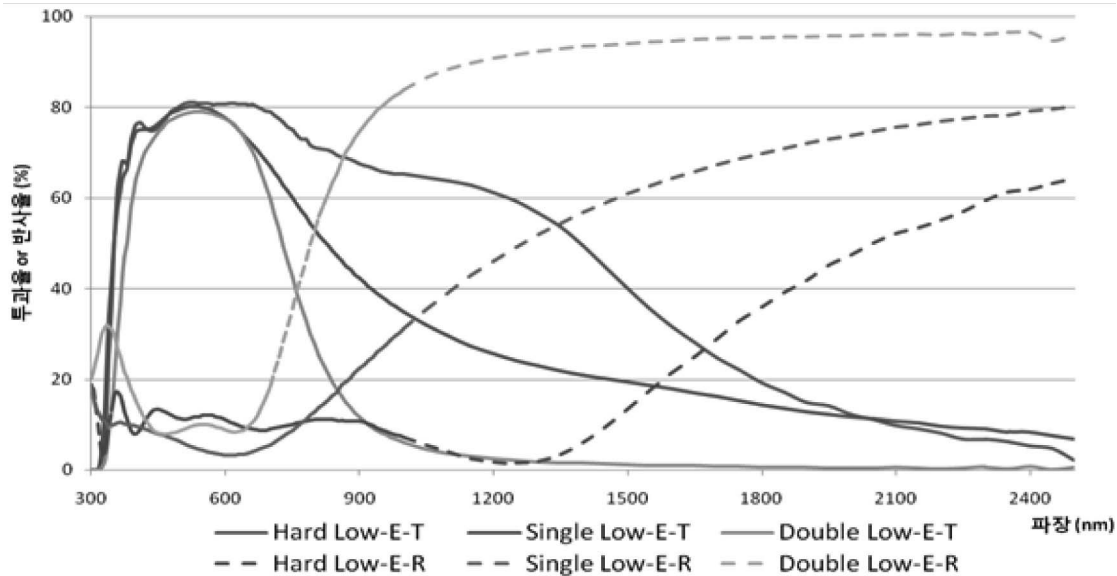


Fig. 9. Low-E 유리 종류별 Transmission & Reflection spectrum.

및 차폐 성능이 CVD 코팅유리보다 우수하고, 또한 여러 보조막들이 포함된 다층 막으로 구성되기 때문에 박막간의 간섭 관계에 의해 소비자가 선호하는 다양한 특성의, 다양한 색상의 제품을 공급할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 그 금속성 코팅 막을 주로 Ag를 사용하고 있기 때문에 공기중의 산소에 의한 산화의 가능성이 있다. 상대적으로 Soft 한 코팅막을 보호하기 위하여 반드시 복층유리로서 가공이 되어야 하며, 후 가공 공정에서는 취급에 세심한 주의를 기울여야 한다.

5. Low-E 유리 기술 개발 변천

초기에 Low-E의 성능을 지닌 제품은 1950년대 말에 영국의 Edwards 사의 Holland와 Siddall에 의해서 Dielectric(BiOx) / Au / Dielectric(BiOx) 형태의 막 구조로 제시되었다. 이 구조는 Low-E 유리의 성능을 보유 하면서 반사가 높은 제품이었다. BiOx는 AC Sputtering에 의해서, Au는 Evaporation 법에 의해서 코팅하는 제품이었으나, Heraeus 사에 의해서 1960년대 초에 유사한 구조로 제작된 제품은 전체 막을 Evaporation 방식에 의해 코팅한 제품이 보급되었다.

이후 1970년대 초에 Airco에 의해서 planar magnetron이 도입되면서 Sputtering 방식의 코팅이 Glass 코팅의 주류를 이루게 되었으며, 1974년 1차 에너지 위기를 지나게 되면서 에너지 효율에 대한 관심이 증대되었으며, 결국 Magnetron을 활용하여 1981년 Ag를 사용한 Low-E 제품이 출시되게 된다.

Ag는 Au에 비해서 화학적으로 안정성은 떨어지지만 높은 전기 전도도를 갖는 특성이 있기 때문에 단열 성능이 훨씬 월등했을 뿐 아니라 높은 투과율로 인한 Neutral Color를 구현할 수 있는 현재 Low-E 유리의 표준이 되는 물질이다. 이후 Cu를 Low-E 기능 막으로 하는 구조가 Airco에 의해서 제기되기도 하였으나 물질의 특성상 분홍빛이 도는 색상과 성능 및 내구성이 부족하여 시장에서 배제되었다. 이후 많은 업체들이 Low-E 유리 산업에 참여하게 되며, 자동차용 Windshield로 코팅유리가 적용되면서 Heat Treatable Low-E 유리의 시장요구가 생겨났다.

Ag를 기능막으로 하는 Low-E 유리는 단열 및 차폐 성능이 우수하고, 또한 여러 보조막들이 포함된 다층막 구성으로 인한 박막간 간섭관계에 의해 소비자가 원하는 다양한 특성의 제품을 공급할 수 있다는 장점을 지니고

있다. 그러나, 고온, 심지어 상온에서조차도 산화해서 변형되기 쉬운 금속 Ag 막의 특성으로 인해 열처리가 되지 않았다. 이 때문에 유리를 코팅 전에 시공될 사이즈로 절단 및 강화하는 전처리 과정이 필요하며 이는 재고 및 납기상의 부담이 되었다. 이에 1990년대에 코팅 후 열처리 가능한 'Temperable Low-E'가 개발되어 도입되었다.

Temperable Low-E 유리는, 소프트 Low-E 유리 임에도 불구하고 강화 조건 및 곡가공 조건에서도 견딜 수 있었기 때문에 강화 / 배강도 사양의 건축용 유리 및 자동차의 Windshield 등 코팅 이 후 열처리가 필요한 Low-E 유리의 다양한 응용이 가능할 수 있게 되었다.

1990년대에는 두 개의 Ag층이 존재하는 Double Low-E 제품이 도입되었다. Solar 차폐성능이 뛰어난 Single Low-E도 있지만, 일반적으로 근적외선의 투과율이 높기 때문에 여름철 실내로 유입된 태양열에 의해 승온된 내장재에서 방출하는 원적외선이 Single Low-E에 의해 재방사되어 실내온도가 상승하는 온실효과가 발생하게 되어, 냉방비용이 증가하게 된다. 이에 따라 태양열선을 차폐하는 성능을 높이기 위해 Ag 두께의 증가가 필요하게 되었으며, 투과율을 유지하기 위해 Ag층을 두 층으로 나누게 되는 Double Low-E가 개발 되었다.

Double Low-E는 가시광선을 통과시켜 실내를 밝게 유지하고 나아가서 태양에너지를 막아서 여름에 좋고, 겨울에는 열손실을 막는 성능을 갖고 있기 때문에 사계절이 있는 곳에서 더욱 에너지를 절약할 수 있다.

6. Low-E 유리 개발 동향

6.1. High performance Low-E Glass

건축용 유리는 오랜 시간 동안 상대적으로 적은 비용에 미려한 외관으로 인해 건축 외장재로서 많은 선택을 받아왔다. 유리가 가지고 있는 투명함, 질감 등 재료적인 특성은 건축가들의 상상력의 폭을 넓혀 현대 건축물의 예술적인, 실용적인 디자인의 구현이 가능토록 했다.

그러나 최근의 치솟는 에너지 비용과 탄소 배출량 감소 등, 시대의 요구에 발 맞추어 건축물 설계의 초점이 아름다운 외관을 표현함과 동시에 Energy 소모가 적은

건축물로 변화하고 있기 때문에, 지난 10년 동안의 소프트 코팅 Low-E 유리 업체들의 개발 방향은 보다 향상된 열손실 억제 능력을 가진 고성능 Low-E 유리 제품을 개발 하는 것이었다. 외국계 글로벌 업체들과 경쟁하고 있는 순수 국내 코팅유리 메이커도 2005년부터 국내 최초로 단열성능과 차폐성능을 보유한 Double Low-E 유리 제품을 자체 생산하는 등 지속적으로 제품개발을 진행하여 세계 최고 수준의 Low-E 유리 제품을 개발, 공급하고 있다.

6.2. Coating Material

이러한 고성능 제품이라고 해서 너무 높은 비용이 요구된다면, 고객으로부터 외면 받을 수밖에 없기 때문에, 최근 개발되는 제품들은, Single Silver 구조에서 Double Silver의 성능을 갖는 제품처럼 한 단계 업그레이드 된 성능을 보이지만, 비용은 기존과 같은 제품을 개발하여 Cost를 낮추는 시도를 병행하고 있다. 이러한 시도는 Thin film design의 최적화를 통한 최적 재료의 선정, Silver Layer의 결정화를 높이기 위한 Seed Layer Material의 선정, Sputtering condition optimizing, 및 Ceramic Target 개발 및 적용 등에 의해서 실현 되고 있다. 어떤 물질일, 어떤 위치에, 어떤 두께로 막구조에 포함시키느냐에 따라 코팅유리가 구현할 수 있는 성능의 폭이 결정되기 때문에 재료의 선택은 신제품의 개발에 있어 가장 중요한 요소이다. 따라서, 코팅유리의 개발이 지속되어온 역사와 더불어 수많은 재료가 실험되어 왔고, 제품에 적용되어 왔으며, 지금도 각 코팅유리 제조업체는 보다 저렴하면서도, 보다 높은 성능을 가진 코팅유리를 개발하기 위해 코팅 재료에 대한 연구를 계속하고 있다.

6.3. Temperable Low-E

건축공법의 발달로 건축물의 높이가 계속 높아지고 있기 때문에 상대적으로 경량재인 유리는 더욱더 건물 외부에서 차지하는 면적이 늘어가고 있다. 그런데 이러한 고층빌딩의 Curtain Wall 등으로 사용되는 유리들은 안전상의 이유로 인해 반드시 강화를 해야 하는 비율이 높아지고 있다.

게다가 건설 기술의 고도화로 인한 공기의 단축으로 코팅유리 업체는 고객에게 보다 신속한 납기 대응력을 갖추는 것 또한 필수 요건으로 제시되고 있다.

이 같은 상황에서 선강화 코팅만으로는 고객의 만족을 이끌어 내기 어려운 상황이며, 후강화 가공이 가능한 Temperable Low-E의 제품 개발 및 생산은 당연하게 전개 되었다.

따라서 세계적으로 새롭게 개발되는 코팅유리 제품들은 후강화 가능한 성능을 필수적으로 보유한 제품으로 출시하는 것이 추세이다. 이에 발맞추어 국내 코팅유리 메이커도 신개발품은 후강화 가능한 성능을 필수적으로 보유한 제품으로 출시 하고 있다.

Temperable Low-E 유리는 코팅유리 업체에서의 개발 뿐 만 아니라, 복층 완제품까지 진행되는, 코팅 후 가공 공정의 관리 또한 중요하다. 일반 유리와는 다른 물리적 특성을 가지고 있는 Temperable Low-E 유리는 일반유리와는 다른 절단, 강화, 복층 등 가공공정의 차별화가 필요하며, 이러한 가공공정을 관리할 수 있는 코팅유리 업체의 관리력 및 기술력은 제품의 개발만큼 중요하다. 자체 기술로 Temperable Low-E 유리를 개발, 출시한 국내 코팅유리 메이커는 별도의 가공대리점 품질관리 전담 조직의 운영과 같은 대리점 관리 정책에 의해 높은 품질의 Temperable Low-E 유리를 공급하여, 고객의 다양한 Needs를 만족시킬 수 있도록 노력하고 있다.

6.4. Cost down

제품의 성능이 다른 경쟁제품의 성능에 비해 아주 월등하지 않다면 많은 고객의 선택을 받기는 어려운 것이 사실이다. 따라서, 제품 가격을 낮추기 위해 Low-E 유리 공급회사들은 Cost Down의 노력을 지속적으로 하고 있다. 그러한 Cost down을 위해서는 결국 생산성을 향상시켜야 한다.

미국 및 유럽의 선진 Low-E 유리 제조 업체들과 경쟁하고 있는 국내 코팅유리 메이커 역시 낮은 생산성을 지닌 코팅 설비 대신 Rotatable cathode, 고성능 Power Supply와 같은 높은 생산성을 보이는 설비로의 교체 및 Process Monitoring 기술 확보 등의 공정개선을 진행하

고 있다.

7. 결론

서두의 언급과 같이 유리는 건축물의 외장재로서 많은 선택을 받아왔으며, 향후에도 지속적으로 그 사용이 늘어날 것이다. Low-E 유리의 고성능화는 전 세계적인 에너지 Saving 흐름에 대응하여 앞으로 나아가야 할 모습이며, 비단 건축용이 아니라도 자동차용 IR 반사유리 및 선택적 태양광 조절유리 등이 고급차량을 중심으로 그 적용이 증가하고 있다. 결국 Low-E 유리 코팅 산업분야는 고성능화와 경제성 향상의 연구가 꾸준히 진행되어야 하며, 쾌적한 환경 조성 및 더욱 향상된 성능을 구현하게 된다면 그 응용분야 및 시장은 무궁무진한 성장 가능성을 가지고 있다.

참고문헌

1. Peter Schwartz and Doug Randall, An Abrupt Climate Change Scenario Its Implications for Unites States National Security.
2. 일본 자원에너지청, "단열재 절약에너지 표시제도연구 조사보고서."
3. R.wilberforce., "Legislation, Policies and Drivers for Energy-Efficient Buildings", 7th International Congress of Coatings on Glass and Plastics, June 15-49, 2008, Eindhoven, Netherland.
4. Vossen J. L., "Transparent Conducting Films", *Physics of Thin Films*, 9 1-71 (1977).
5. Kostlin H., "Application of thin Films in Energy Technology", *Advances in Solid State Physics*, XXII, 229-254, Braunschweig Vieweg, (1982).
6. C.Y.Ro, Y.L.Hou, D.J.Dai, S.W.Carson, "Chmical Vapor Deposition on Folaet Glass", 7th International Congress of Coatings on Glass and Plastics, June 15-49, 2008, Eindhoven, Netherland.
7. Sandia National Laboratories, "Coatings on Glass", Technology Roadmap Workshop, January 18-19, 2000, Livermore, California, USA.
8. 이동현, '유리 창호만 바뀌도 열손실 56% 줄어든다' 문화일보, 17th Dec. 2008.
9. Holland, L., Siddall, G.: Heat-reflecting Windows Using Gold and Bismuth Oxide Films, *J. Appl. Phys.*, 9 S.359



- 361 (1958).
10. Brichard, E.: Procédé et Dispositif Pour Recouvrement Sous Vide de Matière en Feuilles Par Volatilisation Cathodique de la Substance de Recouvrement, Lux. Patent 45647, Application 1964 (German Patent No. 1 640 604).
 11. Gläser, H.J. : Wärmedämmender Belag für ein Substrat aus transparentem Material, Anmeldung zu Patent DE Nr. 31 30 857, 1981.
 12. Gillery, F.H.: The Selection and Development of a Low Emissivity High Luminous Transmission coating, IPAT workshop: Window Coating for Energy Saving, Brussels -Feb. 1884, Paper 1.
 13. Gläser, H.J., "Improved Insulating Glass with Low

Emissivity Coatings on Gold, Silver, or Copper Films Embedded in Interference Layers," Glass Technol., 21 254-61 (1980).

●● 김 종 철



- 건국대학교 화학공학과 (학사)
- (주) KCC 중앙연구 여주분소