

## 창호를 통한 열전달 현상에 관한 연구

강은율\*, 오명원\*\*, 김병선\*\*\*

\*연세대학교 건축공학과(hhz1004@yonsei.ac.kr), \*\*연세대학교 건축공학과(annaoh@chollian.net),  
\*\*\*연세대학교 건축공학과 교수(sean@yonsei.ac.kr)

### A Study on the Heat Transfer Phenomenon through the Glazing System

Kang, Eun-Yul\*, Oh, Myung-Won\*\*, Kim, Byung-Sean\*\*\*

\*Dept. of Architecture, Yonsei University(hhz1004@yonsei.ac.kr),  
\*\*Dept. of Architecture, Yonsei University(annaoh@chollian.net),  
\*\*\*Dept. of Architecture, Yonsei University(sean@yonsei.ac.kr)

#### Abstract

---

An energy loss through the window system occupies about 10 to 30 percent on energy consumption of the whole building. That is the reason, several elements for a building composition of window system are the weakest from the heat. Insulation performance increases for the reducing heat loss. Heat transfer through the window system that is reducing heat transfer through conduction, convection and radiation. Insulation performance reinforcement methods classify improving heat specific quality of window system and improving efficiency of whole window system. The most application method among each methods is reducing emission ratio of the window system(Low-E glass), increasing a number of glazing(multiple window) and a method of vacuuming between glazing and glazing. Therefore this study is investigated a sort of glazing and specific character, U-value calculation with changing glazing thickness and calculation of temperature distribution and U-value with a glazing charging gas kind from double glazing. For a conclusion, an aspect of U-value figure at the smallest value case of vacuum glazing with Low-E coating. That means insulation efficiency is the best advantage during a building plan selecting vacuum glazing with Low-E coating for a energy saving aspect. In this way, U-value become different the number of glazing, coating whether or not and selecting injection gas. Therefore selecting of glazing is very important after due consideration by a characteristic and use of building and consideration of strong point and weak point.

Keywords : 창호(Glazing System), 단열성(Insulation Efficiency) 열전달(Heat Transfer), 열관류율(U-value), 로이 유리(Low-E glass), 다중창호(Multiple Window), 이중창호(Double glazing), 삼중창호(Triple glazing), 진공창호(Vacuum glazing)

---

#### 1. 서 론

우리나라의 에너지 조사 보고서에 의하면  
건축 분야의 에너지 소비는 국내 총 에너지

소비량의 약25%를 차지하는 막대한 양이다. 이 중에서 창문을 통한 에너지 손실은 건물 전체 에너지 소비량의 약 10% ~ 30%를 차지하고 있는데 이는 건물을 구성하는 여러 요소 중 창문이 열적으로 가장 취약하기 때문이라 사료된다.

창호는 조망과 주광 기능을 갖는 투과체로서 열손실과 동시에 불필요한 열 취득이 발생하는 건물 외피의 경로가 된다. 일반적으로 건물 창호의 단열성능은 외벽의 단열성능에 비해 6~10배 정도 낮은 열손실 취약부위로, 건물의 에너지성능에 매우 큰 영향을 미치는 요인이다.

그러므로 열 손실을 줄이기 위해서는 단열성을 증가 시켜야 하는데 이는 창문을 통한 열전달 즉, 전도, 대류, 복사에 의한 열전달을 억제시키면 된다. 단열성 강화방법은 유리창의 열적 특성을 개선시키는 방법과 창문 전체의 효율을 개선시키는 방법으로 분류된다. 각각의 방법 중 가장 많이 사용되는 방법으로는 유리창의 방사율을 줄여주거나(Low-E glass), 유리창의 수를 늘리거나(multiple window), 유리와 유리 사이를 진공으로 하는 방법(vacuum glazing) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 유리의 종류와 특성에 관한 자료를 조사하고, 유리 두께의 변화에 따른 열관류율을 계산하였으며, 이중유리에서 유리의 충전가스 종류에 따른 열관류율을 계산하였다. 그리고 각 방법의 비교를 통해 사용 환경에 맞는 유리를 채택하는데 도움이 되고자 했다.

## 2. 창호를 통한 열전달 현상

- 1) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- 2) 김유미, 이중창호의 형태 및 제작 변화에 따른 창호의 열적특성, 연세대 대학원, 2008.
- 3) 한국에너지기술연구소, 초단열 첨단 진공창의 설계 및 제조기반 기술 개발, 과학기술부, 1998. 11.
- 4) Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, John Wiley & Sons, Inc., 2009.

그림 1<sup>1)</sup>은 창문을 통한 열전달의 개략도를 나타낸 것이다.

태양일사면에 유리창이 있으면 일부의 열은 흡수되나 대부분은 직접 실내로 전달된다. 또 옥외의 지면이나 다른 건물, 그 밖의 태양일사광의 복사열, 대류에 의한 열의 침입이 있으면 실내의 열 취득은 증가한다.

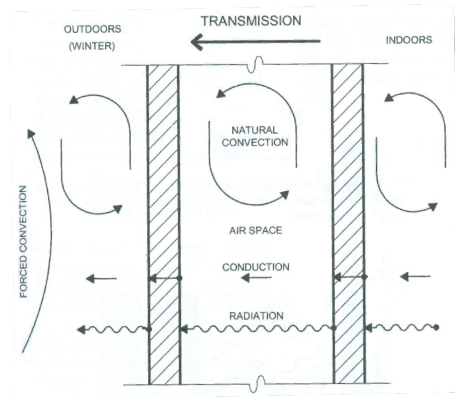


그림 1. 창문을 통한 열전달

## 3. 창호시스템의 개념과 특성

### 3.1 로이유리 (Low-Emissivity glass)

로이 유리는 일반유리 내부에 적외선 반사율이 높은 특수 금속막(일반적으로 은)을 코팅한 유리로 건축물의 단열성능을 높이는 유리이다. 특수 금속막은 가시광선을 투과시켜 실내의 채광성을 높여주고, 적외선은 반사하므로 실내외 열의 이동을 최소화시켜 실내의 온도 변화를 적게 만든다.

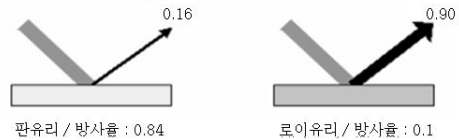


그림 2. 방사율

그림2는 적외선 에너지를 반사하는 척도인 방사율으로 값이 낮을수록 단열성능이 우수함을 의미한다.

표1은 로이유리의 종류와 그에 따른 특징으로 각각의 코팅방법과 장, 단점이 열거되어 있다.

유리에 발생하는 결로현상은 유리의 열관류율과 관련이 있는데 표2는 ASHRAE 기준 열관류율을 나타낸 것으로 수치가 낮을수록 단열성이 좋아진다.

표 1. 로이 유리의 종류와 그에 따른 특징

구분	소프트 로이 유리	하드 로이 유리
코팅방법	- 진공증착법 - 완제품 상태의 원판유리 위에 자기방전에 의해 금속 물질을 다층 박막으로 코팅	- 열분해법 - 원판 제조 공정시 금속용액 또는 분말을 유리표면에 분사하여 열적으로 코팅
장 점	- 투명도 높음 - 코팅면 전체의 막 두께가 일정하여 색이 균일 - 다중 코팅이 가능하고 색상, 투과율, 반사율 조절이 가능 - 여러 금속의 사용이 가능	- 내구성이 강함 - 원판 상태에서 강화가공 및 열처리 가능 - 단판으로 사용가능 - 절단, 취급 및 수송이 용이 - 대량생산 및 재고 확보 가능
단 점	- 공기 및 유해가스 접촉시 코팅막의 금속이 산화되므로 반드시 복층 유리로 사용 - 코팅경도 및 내구성 약함 - 코팅 완료후 강화 및 가공 불가 - 대량생산 불가(실추 후 생산)	- 제조공정 특성상 제품 결함 우려 - 여러 가지의 금속 사용이 제한 - 생산할 때 마다 색상 재현이 어려움

표 2. ASHRAE 기준 열관류율

구분	열관류율 (W/m <sup>2</sup> ·K)
24mm 로이 이중유리	1.90
24mm 투명 이중유리	2.75

### 3.2 다중창호 (Multiple glazing window)

창문의 단열성을 높이기 위해 유리창의 수를 2중, 3중, 4중으로 늘리는 것은 일반적인 방법이다. 그러나 유리창의 수를 늘리게 되면 창문의 무게가 늘어나고 창간격이 증가할

뿐만 아니라 광투과율이 낮아지기 때문에 비효율적이다. 현재 최적의 유리창수는 2중, 3중, 특수한 경우에는 4중창 까지 선택될 수 있다. 본 연구에서는 2중창과 3중창을 중심으로 했다.

#### (1) 이중창호 (Double glazing)

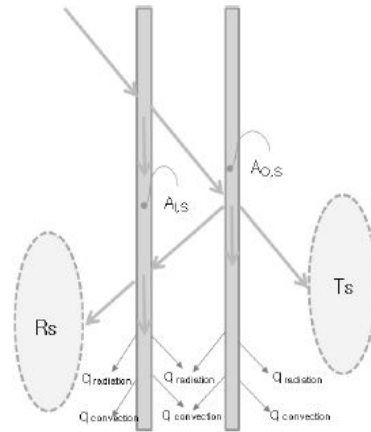


그림 3. 이중창호 일사에너지 열전달 원리

이중외피의 중공층 내로 일사가 유입될 때 일부분은 유리표면에 흡수되고 일부분은 반사되며, 대부분의 태양열은 실내로 투과된다. 태양의 일사에너지에 의해 유리 표면은 열을 흡수하고 방출하게 되며 이는 중공층의 온도 변화에 영향을 주게 되고 그로 인해 유리 표면과 중공층 그리고 실내 사이에 열 이동이 이루어지게 된다. 그림3<sup>2)</sup>은 각 유리 표면의 일사 흡수 및 반사, 투과 사이의 열교환을 나타낸 그림이다. 가장 먼저 태양 일사에너지는 가장 외측의 표면에 영향을 주고 표면에서 반사, 흡수, 투과의 과정을 거치게 된다. 두 번째로 외측과 내측외피 사이 각 표면에서의 반사작용이 일어나게 된다. 세 번째로 태양의 일사에너지는 앞의 두 과정을 거치면서 실내 표면에 흡수, 반사, 투과의 과정을 거치게 된다. 표면에 흡수된 열들은 마지막으로 열전달에 의해 실내로 유입된다.

(2) 삼중창호 (Triple glazing)

기존의 건물 외피에 사용되는 유리는 24mm 일반복층유리 또는 24mm 로이 복층유리인데, 이것들은 6mm 유리 사이에 12mm의 공기층을 두었다. 복층유리의 단열 성능 개선을 위해 세장의 6mm 유리 사이에 공기층을 각각 12mm씩 설치하여 3중 유리를 구성한다. 삼중유리는 두 가지의 목적을 가진다. 첫째는 차음효과를 증대시키는 목적이고 둘째는 단열성의 향상이다. 3중 창호는 두 가지를 모두 효과적으로 개선하였다. 현재의 가장 최적화된 창호라 할 수 있겠다.

그림 3은 유리창의 두께가 3mm이고 창사이의 간격을 12mm로 했을 때 유리창의 수를 늘리는 것에 따른 열관류율을 나타낸 것이다. 그림과 같이 유리창의 수를 늘림에 따라 관류율이 줄어드는 것을 알 수 있다. 하지만 4중창호의 경우 창무게가 무겁고 창간격의 증가뿐만 아니라 광투과율이 낮아지므로 비효율적이다. 그러므로 현재 사용되는 다중창호 중 삼중창호가 열관류율 값이 가장 낮은 것을 알 수 있다.

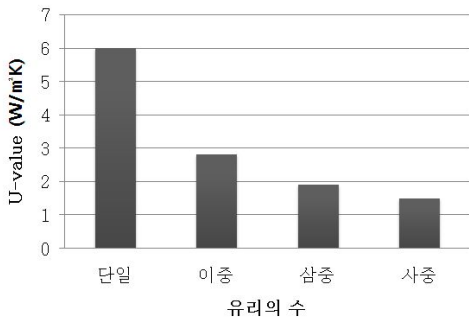


그림 4. 유리창 수의 증가에 따른 열관류율의 변화

3.3 진공창호 (vacuum glazing)

진공창호는 창과 창사이의 대류 열전달을 줄이기 위해서 밀폐된 이중창 사이에 가스를 주입해서 사용하는 기술이다. 진공창은 유리창 사이의 좁은 공간을 진공상태로 유지하는 것에 의하여 유리창 사이에 존재하는 가스나 공기에서 발생하는 열손실을 방지함으로써

열관류율을 거의 벽체수준인 0.3~0.6 W/m²K 까지 떨어뜨릴 수 있다.

그림4는 진공창의 개략도이다. 이중창의 내부는 진공상태를 유지하여야 하고 실내외 온도차에 의한 응력을 견딜 수 있어야 한다. 또한 창 내부에 대기압과의 압력차를 견딜 수 있도록 유리 받침대가 설치되어야 한다.

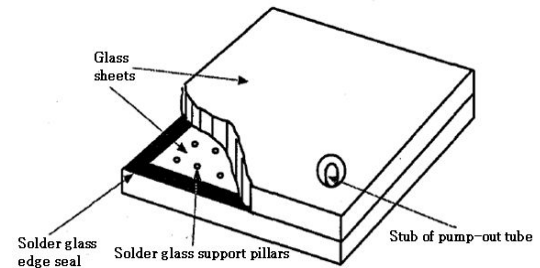


그림 5. 진공창의 개략도

표3과 그림5<sup>3)</sup>는 주입가스의 물성치와 창간의 거리 및 주입가스에 따른 열관류율을 나타낸 것으로 창 내부에서의 열전달은 주입가스의 밀도, 점도, 창간의 거리 및 온도의 지배를 받는다는 것을 보여준다.

표 3. 주입가스의 물성치

Gas	밀도 (kg/m³)	열전도율 (W/mK)	점도 (kg/ms)
공기	1.29	0.0241	17.0×10 <sup>6</sup>
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	1.94	0.0145	13.5×10 <sup>6</sup>
아르곤(Ar)	1.76	0.0164	22.0×10 <sup>6</sup>
크립톤(Kr)	3.69	0.00878	30.7×10 <sup>6</sup>

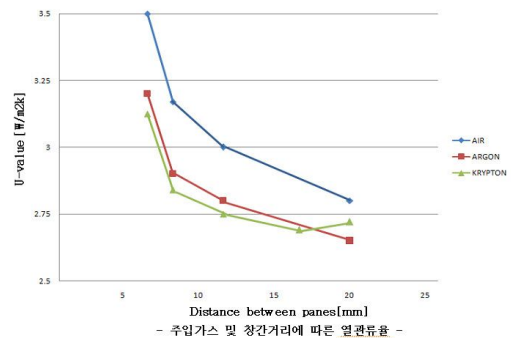


그림 6. 주입가스 및 창간거리에 따른 열관류율

#### 4. 창호시스템의 열관류율의 비교

표4는 투명 이중유리와 삼중유리의 열관류율이다. 삼중유리는 이중유리 보다 열관류율 값이 작은 것을 알 수 있다.

표 4. 투명 이중유리와 삼중유리의 열관류율

유리 타입	두께 (mm)	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)
이중 투명	24	2.407
삼중 투명	52	1.702

표5는 이중 로이유리와 삼중 로이유리의 열관류율이다. 이중 로이유리가 삼중 로이유리가 열관류율 값이 작은 것을 알 수 있다.

표 5. 이중 로이유리와 삼중 로이유리의 열관류율

유리 타입	두께 (mm)	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)
이중 로이	24	1.904
삼중 로이	52	1.422

표6, 그림6<sup>4)</sup>은 로이유리와 투명유리의 열관류율과 열전도저항을 보여준다. 그림 6의 열전도저항은 값이 클수록 단열성이 좋은 것을 의미한다.

표 6. 로이유리와 투명유리의 두께에 따른 열관류율

유리 타입	두께 (mm)	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)
이중 투명	24	2.407
이중 로이	24	1.904
삼중 투명	52	1.702
삼중 로이	52	1.422

표7은 진공 창호의 주입 가스에 따른 열관류율이다. 크립톤을 주입할 경우에 열관류율 값이 가장 작다.

표8은 진공 창호의 로이코팅 여부에 따른 열관류율이다. 진공창호에 로이코팅을 하면 열관류율이 크게 작아짐을 알 수 있다.

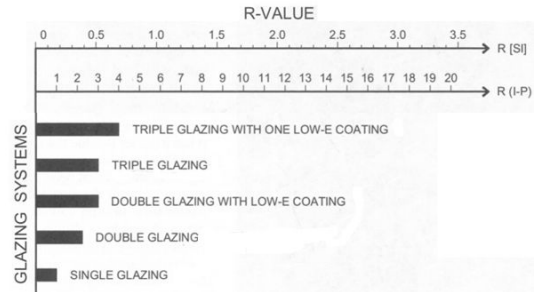


그림 7. 유리 타입에 따른 열전도저항

표 7. 진공창호의 주입 가스에 따른 열관류율

주입 가스	두께 (mm)	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)
공기	24	2.060
아르곤		2.053
크립톤		2.047

표 8. 진공창호의 로이코팅 여부에 따른 열관류율

유리 타입	두께 (mm)	열관류율 (W/m <sup>2</sup> K)
진공 창호	24	2.060
진공 창호 (+한 면의 로이코팅)		1.080

#### 5. 결론

- 투명 이중유리와 삼중유리를 비교해 보았을 때 투명 삼중유리의 열 관류율 값은 1.702W/m<sup>2</sup>K이다. 이는 투명 이중유리 보다 투명 삼중유리가 단열성이 더 뛰어난 것을 의미한다.
- 이중 로이유리와 삼중 로이유리를 비교해 보았을 때 삼중 로이유리의 열 관류율 값은 1.422W/m<sup>2</sup>K이다. 이는 이중 로이유리 보다 삼중 로이유리가 단열성이 더 뛰어난 것을 의미한다.
- 로이유리와 투명유리를 비교해 보았을 때 삼중 로이유리의 열관류율이 1.422W/m<sup>2</sup> K로 가장 작게 나타났다. 이는 삼중 로이유리의 단열성이 가장 뛰어난 것을 의미한다. 또한 열전도저항의 값도 삼중 로이유

리의 값이 가장 큰데 이 또한 단열성이 가장 뛰어나다는 것을 의미한다.

-진공 창호의 주입가스에 따른 열관류율을 보면 크립톤 가스를 주입하였을 경우 가장 작다. 또한 공기를 주입했을 때와 아르곤 가스를 주입하였을 경우에 비교하면 열관류율이 각각 6.4%와 1.8% 감소한 것을 알 수 있다. 그러므로 크립톤 가스를 주입하였을 경우 단열성이 가장 좋다. 하지만 그 차이는 10% 미만으로 작은 것을 알 수 있다.

-진공창호의 로이코팅 여부에 따른 열관류율을 보면 진공 창호에 로이코팅을 했을 때에 약 50% 정도 감소한 것을 알 수 있다. 이는 진공창호에 로이코팅을 하면 단열성이 크게 향상된다는 것을 알 수 있다.

열관류율의 측면에서 보면 진공창호에 로이코팅을 했을 때에 그 값이 가장 작은 것을 알 수 있다. 이는 단열성이 가장 뛰어나다는 것으로 건물 설계 시 진공창호에 로이코팅을 한 유리를 선택하면 에너지 절약의 측면에서 매우 유리하다 할 수 있겠다.

이처럼 유리의 장수에 따라 또는 코팅 여부에 따라, 주입가스의 선택에 따라 열관류율이 달라지는 것을 알 수 있다. 그러므로 유리를 선택할 때 건물의 특징과 용도, 각 유리의 장단점을 고려하여 창호를 선택하는 것이 중요하겠다.

## 참 고 문 헌

1. Norbert Lechner, Heating, Cooling, Lighting, John Wiley & Sons, Inc., 2009.
2. 정환교, 창호시스템이 실내온도 및 건물의 에너지 소비량에 미치는 영향에 관한 연구, 서울산업대 산업대학원, 2008. 02.
3. 김유미, 이중창호의 형태 및 체적 변화에 따른 창호의 열적특성, 연세대 대학원, 2008.

4. 한국에너지기술연구소, 초단열 첨단 진공창호의 설계 및 제조기반 기술 개발, 과학기술부, 1998. 11.

5. 윤종호외, 공동주택 세대내 발코니 유형별 창호의 냉난방 에너지 분석 연구, 태양에너지학회 논문집, Vol.27, No1, 2007.

6. 윤조호외, 열관류율 민감도 분석에 따른 고단열 삼중창호 시스템의 단열성능평가 연구, 대한건축학회 논문집, 제23권, 제10호 (통권 228호), 2007. 10.

7. 최육외, 창호 종류별 공동주택의 냉난방부하 검토, 대한설비공학회 2003년 동계 학술발표대회 논문집, p.75~80