

단열성능 개선을 위한 진공유리가 부착된 BIPV Module 개발에 관한 연구

A Study on the Development of BIPV Module Equipped with Vacuum Glass for Improved Thermal Performance

엄재용* · 이현수* · 서승직**†

Eom Jae-yong*, Lee Hyun-soo* and Suh Seung-jik**†

(Submit date : 2014. 1. 13., Judgment date : 2014. 1. 18., Publication decide date : 2014. 4. 21.)

Abstract : The main purpose of this paper is to develop the new BIPV module equipped with vacuum glass. Because BIPV module has a function of architectural materials, thermal and PV performance should be simultaneously evaluated. To improve the thermal performance of BIPV module, this study developed BIPV module equipped with a vacuum glass. Those BIPV module was tested with a variety of encapsulants. The results are as follows. When a vacuum glass is laminated with EVA or PVB, it was broken. The reason seems to be bending by unbalance of heat expansion with center and edge of vacuum glass. In case of lamination with resin, there is no breakage and no bending of vacuum glass. Because production was conducted in low pressure & low temperature conditions. And it was also found that vacuum glass does not interfere with the UV curing process.

Key Words : 건물일체형 태양광발전(Building Integrated Photovoltaic - BIPV), 진공유리(Vacuum Glass), 봉지재(Encapsulant), 단열성능(Thermal Insulation Performance)

1. 서 론

1.1 연구의 목적

국가 총 에너지 소비의 약 1/4을 차지하는

건물 부문에서의 에너지 저감은 중요성이 매우 높아 이를 위한 다각적인 대책들이 고려되고 있다. 정부에서는 청정에너지의 핵심을 차지하는 신재생에너지의 보급 및 활성화를 위

**† 서승직(교신저자) : 인하대학교 건축공학과
E-mail : energetic@inha.ac.kr, Tel : 032-860-7590
*엄재용, 이현수 : 인하대학교 건축공학과 대학원

**† Suh Seung-Jik(corresponding author) : Department of Architecture Engineering, Inha University.
E-mail : energeti@inha.ac.kr, Tel : 032-860-7590
*Eom Jae-Yong, Lee Hyun-Soo : Department of Architecture Engineering, Graduate School of Inha University.

하여 제도 및 정책적으로 확대하고 있다. 2012년을 기준으로 신재생에너지원별 공급 비중은, 폐기물(67.77%), 바이오(15.08%), 수력(9.21%), 풍력(2.18%) 등이며, 건물에 설치가 가능한 형태의 에너지원 중에서는 태양광(2.68%), 지열(0.74%), 태양열(0.30%)의 순서로 나타났다.¹⁾

건축물에 적용 비율이 가장 높은 신재생에너지원인 태양광발전 설비는 단독형으로 설치되기도 하지만, 전기에너지를 생산하는 동시에 건축자재로서의 역할도 할 수 있는 건물일체형 태양광발전(BIPV, Building Integrated Photovoltaic)의 형태로 설치하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다. BIPV module은 건축외장재로 사용하기 때문에 단열, 채광, 차음 성능 등 다양한 건축적 요구사항들이 검토되어야 한다.

건물에서 BIPV module은 대부분 열 손실 및 취득이 이루어지는 건물 외피로서 설치된다. 현재 건축물에서 열손실 방지를 위한 창과 문의 단열 성능은 외기에 직접 면하는 경우, 3.84W/m²K(중부지방 기준)²⁾ 이하의 열관류율을 가지도록 규정하고 있다. 특히, 관공서에 설치되는 창호의 경우 단열성능 기준은 1.4 W/m²K이하지만, 거의 대부분의 현장에서는 창호에너지등급제도의 1등급인 1.0 W/m²K이하를 요구하고 있다.

창호의 단열성능 기준 강화에 따라 유리의 단열성능도 강화되었으며, 유리의 단열성능을 향상시키기 위하여, 표 1에서와 같이 유리 구성을 개선하였다. 복층 및 3중 유리의 형태로 두께를 증가시키고, 저방사 유리(Low-e Glass)

및 아르곤 가스 등을 적용하여 유리의 단열성능³⁾을 향상시켰다.(그림1) 그중에서도 진공유리는 단열성능이 가장 좋으면서도 유리두께가 가장 얇은 장점을 가지고 있다. 이에 BIPV module의 단열성능 강화를 위하여 단열성능이 가장 높은 진공유리를 부착하여 BIPV module을 개발하는 것이 단열성능 향상 대안의 하나로 고려될 수 있다.

현재 진공유리와 PV module의 결합과 관련된 연구는 미진한 단계로, 이에 본 논문에서는 진공유리가 부착된 BIPV module 개발에 대하여 연구하고자 한다. 이를 위해 진공유리 기술사항들에 대해 선행 연구를 통해 고찰하고, 진공유리가 부착된 BIPV module 구조 및 형태에 대하여 연구하였다. 또한, Window 7 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 현재 BIPV module과 개발하고자 하는 BIPV module의 단열성능에 대하여 비교 및 검토하고, 봉지재에 따른 Lamination 실험을 통하여 BIPV module 시제품 제작에 대하여 연구하였다.

Table. 1 Glass & Glazing system

| | |
|-----|--|
| (1) | 5T Clear Glass |
| (2) | 10T Clear Glass |
| (3) | 5T Clear Glass + 0.76PVB + 5T Clear Glass |
| (4) | 5T Clear Glass + 12A + 5T Clear Glass |
| (5) | 5T Clear Glass + 12Ar + 5T Clear Glass |
| (6) | 5T Clear Glass + 12A + 5T Single Low-e |
| (7) | 5T Clear Glass + 14A + 5T Clear Glass + 14A + 5 Single Low-e |
| (8) | 5T Clear Glass + 0.25Vacuum + 5 Single Low-e |

1) 에너지관리공단 신재생에너지센터, 신재생에너지 보급 통계, 2012

2) 건축물의 설비 기준 등에 관한 규칙, 제21조 관련 지역 건축물 부위의 열관류율표

3) LBNL, Therm 7 / Window 7 NFRC Simulation Manual, LBNL 2014

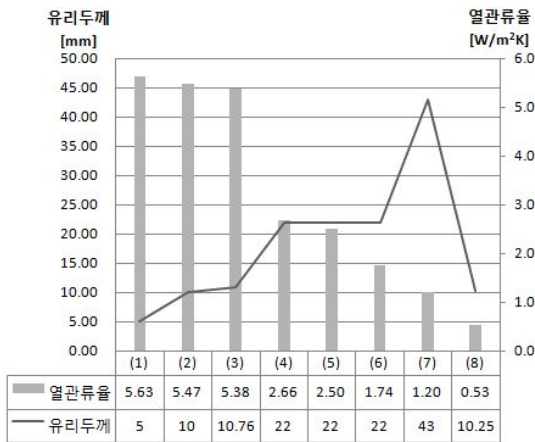


Fig. 1 Thermal Insulation Property of Glass & Glazing

1.2 예비적 고찰 및 선행 연구 고찰

1.2.1 Lamination

Lamination은 고온/고압/진공의 상태에서 압착 제조하는 과정으로 Glass/봉지재/Cell/봉지재/Glass 등의 구조로 형성된 module을 가열된 Hot Plate에 올려 놓고 Upper Chamber를 닫은후 1 Torr 이하의 진공상태로 Pumping을 하게 된다. 설정된 Pumping 시간이 끝나면 압력으로 Silicon rubber를 밀어서 태양전지 모듈을 성형시키는 Press 공정을 거친 다음 봉지재를 가교시키는 Curing공정 후 Cooling 공정 순으로 실시한다. 이때 Lamination 온도 및 압력조건은 봉지재의 특성에 따라 달라진다.⁴⁾

1.2.2 봉지재의 종류 및 특징

BIPV module에 있어 내구성은 봉지재(Encapsulant) 및 Lamination에 의해 많은 영향을 받으며, 봉지재는 온도, 습도, 먼지, 자외선 등으로부터 태양전지를 보호하는 기능을 하기 때문에 모듈화에 있어 중요한 부분이다. 결정질 태양전

지(c-Si solar cell)를 이용하여 제작하는 G-to-G 타입 BIPV module의 경우 태양전지를 보호하기 위해 봉지재로 EVA(Ethylene vinyl acetate) 또는 PVB(Poly vinyl butyral)를 이용하여 고온, 고압, 진공에서 압착하여 제조하고 있다. 접합유리 제조에 사용되는 Resin은 상온에서 2장의 유리사이에 주입후 UV 경화과정을 거쳐 제조될 수 있다.

(1) Lamination with EVA

EVA Sheet를 이용한 Lamination은 가장 범용적으로 사용된다. 자외선 저항 및 방수제 역할을 동시에 하며, 다양한 Substrate를 사용하여 제조할 수 있는 특징을 가진다.

(2) Lamination with PVB

PVB Sheet는 열가소성 수지로 EVA 보다 온도에 대한 내구성이 뛰어난 재료로 건물 외벽 또는 천장에 사용되는 접합유리와 함께 BIPV module에 주로 사용 된다.

PVB는 장기 보관성이 우수하며, 재활용이 가능하고, Curing 공정이 필요하지 않는다.

(3) Lamination with Resin

Resin을 사용하는 Lamination은 유리와 유리사이에 일정한 간격을 두고 그 사이에 Resin을 주입 후 경화시키는 공정을 사용한다. 양면 접착성 아크릴폼을 사용하여 두 장의 유리를 일정한 간격을 유지할 수 있도록 가장 자리를 고정 및 1차 접합시킨다. 그리고, Resin을 주입하여, 기포 제거 후 경화 단계를 거친다.

(4) Lamination 소재별 제조 방법 및 조건 비교
봉지재에 따른 세부적인 Lamination 공정은 제조사마다 다를 수 있으나, 기본 공정은

4) PV모듈 제조공정에서 Lamination과 Bubble의 상관성, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, pp109~114, 2007.

표 2와 같다.

EVA는 열경화성 수지로써, Pumping, Press, Curing, Cooling 4단계의 Lamination 공정으로 제작한다.

PVB는 열가소성 수지로 Curing 과정없이, Pumping, Press, Cooling 3단계의 공정으로 제작된다. EVA의 경우 Lamination 후 투명도가 PVB 보다 떨어지며, 진공상태에서 Press 할 경우에는 태양전지 배열의 뒤틀림 현상이 발생할 수 있어 제조공정상 어려움이 있다.

Resin을 이용한 경우에는 Resin 주입 후 UV에 10분정도 노출하여 경화시켜 제조하며, Resin 주입과정에서 주변 온도, 주입속도 및 BIPV module의 기울기 조절, 기포제거 공정이 중요하게 다루어진다.

Table 2. Manufacturing Process according to Encapsulation Materials

| Classification | Equipment Process | Laminator | | Curing | Cooling |
|----------------|-------------------|-----------|-------|--------|---------|
| | | Pumping | Press | | |
| EVA | Temp. | 110℃ | 110℃ | 150℃ | 110℃ |
| | Time | 10min | 15min | 5min | 5min |
| PVB | Temp. | 160℃ | 160℃ | - | 110℃ |
| | Time | 15min | 20min | - | 5min |
| Resin | Temp. | - | - | 35℃ | - |
| | Time | - | - | 10min | - |

1.2.3 선행 연구 고찰

진공유리와 관련된 연구들은 진공유리의 단열성능과 건물에너지 성능에 대한 연구들이 수행되었다.

원중서 외의 연구에서는⁵⁾ 진공유리와 양면 Low-e 3중 유리의 항결로 성능을 비교 실험하여 결로위험성을 평가하였으며, 송수빈 외

5) 진공복층 유리와 3중 유리의 결로위험성 평가. 한국냉동공조학회 논문집. 25권 11호. (2013), pp573~577.

의 연구⁶⁾에서는 진공유리의 단열 및 내결로 성능을 검증하고, 에너지 절감효과를 검증하였다. 또한, 김하련 외의 연구⁷⁾에서는 맑은유리 색유리, 로이유리, 반사유리에 따른 BIPV 모듈의 계절별 특성에 대한 열적 특성을 실험 분석하였다.

하지만, 진공유리를 태양광 PV module과 연계한 응용 연구는 부재하였으며, 이에 진공유리가 부착된 BIPV module 개발 연구가 필요한 것으로 사료된다.

2. BIPV module의 개발

2.1 현재의 BIPV module

일반적으로 BIPV module은 단열성능 강화를 위하여 그림 2와 같이 G-to-G 타입의 BIPV module을 복층유리 형태로 구성한다. 이때, 필요한 단열성능의 수준과 설치되는 BIPV Frame의 Glass Pocket의 크기에 따라 간봉(Spacer)과 후면 유리의 두께가 결정된다. 이러한 구조는 Gas층 온도가 지속적으로 상승하여 PV시스템의 발전효율이 저하되는 요인으로

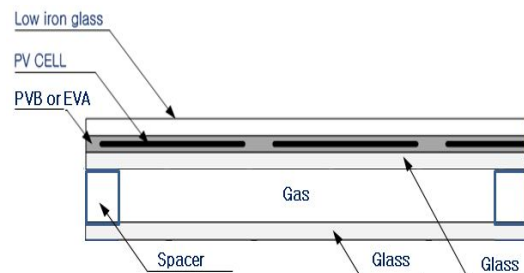


Fig. 2 Structure of Pair glass type BIPV module

6) 진공유리의 단열성능과 건물에너지 절감효과. 한국태양에너지학회 추계학술발표대회, pp.139~144, 2012.

7) 후면 유리 종류에 따른 G/G타입 BIPV 모듈의 계절별 특성분석, 한국태양에너지학회 추계학술발표대회논문집, 제30권 제2호, 2010.

작용될 수 있다. 하지만, 발전량만을 고려하여 복층구성을 하지 않으면 단열성능이 낮아져서 실내와 외기 사이에 전도에 의한 열손실이 커져 PV발전으로 얻는 전기에너지보다 건물에너지의 손실이 더 커질 수 있다.

2.2 새로운 BIPV module 개발

2.2.1 진공유리

진공유리는 그림 3과 같이 2장의 판유리 사이에 진공층을 형성하며, 전도 및 대류에 의한 열전달과 소리(음파)를 차단하는 기능이 매우 우수하며, 높은 단열성능을 가진다. 진공유리는 크게 판유리와 진공층을 지지하는 간극재(pillar) 및 판유리를 결합시켜주는 저융점유리(frit)로 구성된다. 두께 10.25mm, 진공도 5.5×10^{-5} torr 이하에서 단열 성능 $0.53 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ 를 가지며 일반 복층 유리대비 단열성능이 4배 이상 뛰어나다.

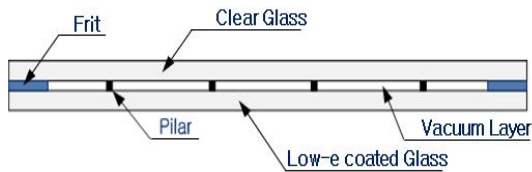
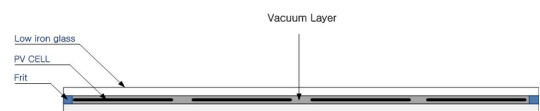
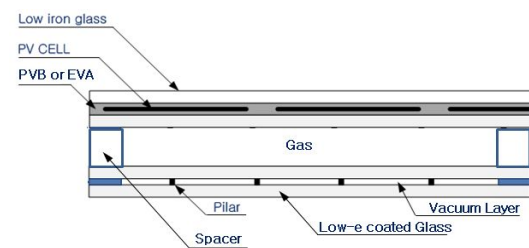


Fig. 3 Structure of Vacuum glass

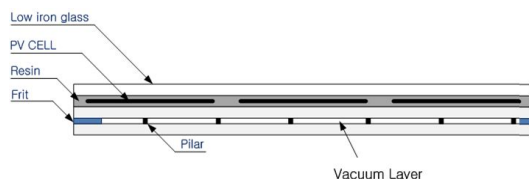
2.2.2 진공유리를 적용한 BIPV module 구조
진공유리와 c-Si solar cell을 결합할 수 있는 BIPV module의 구조에 대하여 태양전지 특성과 진공유리의 제작과정 및 특성을 고려하여 그림4와 같이 3가지를 계획하였다.



(a) case1 : Cell in Vacuum Layer



(b) case2 : Double Glazing with BIPV Module and Vacuum glass



(c) case3 : Resin-casting with Vacuum glass

Fig 4 . High-Insulation Vacuum G-to-G BIPV module

Table. 3 The advantages and disadvantages of BIPV modules equipped with vacuum glass

| | 장점 | 단점 |
|-------|--|---|
| case1 | <ul style="list-style-type: none"> - 태양전지가 진공층에 위치하여, BIPV 모듈의 두께를 최소화 할 수 있음. - 봉지재와의 접촉없이 제작되어 태양전지의 재활용이 가능함. | <ul style="list-style-type: none"> - 태양전지 및 Interconnecting ribbon과 간극재와의 간섭우려 - 진공유리 제작과정에서의 고온 공정(460℃)에 따른 태양전지에 대한 영향우려 및 진공 내부에서 외부로의 배선 처리 어려움. |
| case2 | <ul style="list-style-type: none"> - 진공층 및 중공층을 확보함으로써 가장 높은 형태의 단열성능 확보 가능 - G-to-G 타입의 BIPV module과 진공유리를 별도 제작하고, 기존의 복층유리 제작기술로 제작함으로써 제품의 완성도가 우수함. | <ul style="list-style-type: none"> - 4장의 유리를 사용함으로써, 유리의 두께 및 자중증가 - 자중 증가에 따른 시공성 저하 및 Frame 구조성능 개선 필요 - 중공층으로 인한 태양전지 발전효율 감소 우려 |
| case3 | <ul style="list-style-type: none"> - 완성된 진공유리를 이용함으로써 진공부와 태양전지 부분의 분리 | <ul style="list-style-type: none"> - 저온 BIPV 모듈 제작 공정에 대한 검증된 제작방법 부재 |

표 3에서와 같이 Case별 BIPV module의 두께 및 무게, 제작 과정과 소요 자재를 중심으로 각각의 장단점에 대하여 평가하였다.

Case1은 태양전지를 진공유리 내부에 배치하여 가장 이상적인 결합구조이지만, 진공챔버에서 고온(460°C) 공정과 간극재 배치간격(40mm)이 태양전지 크기(156mm x 156mm)보다 좁은 문제 및 태양전지에서 나오는 전극(bus-bar) 처리, 진공 유지 구조 확보에 대한 어려움이 있을 것으로 사료된다.

Case2는 복층유리 제작 기법을 적용하여 제작 가능한 구조로써, 단열성능이 가장 높을 것으로 예상되며, 진공유리를 결합하기에도 용이한 구성으로 사료된다. 하지만, 유리가 4장이 적용되어 BIPV module의 두께 증가 및 50.8 kg/m² 이상의 무게로 인하여 제작 및 현장 설치시 작업성이 많이 떨어질 것으로 예상된다.

Case3는 진공유리를 후면 Substrate로 직접 적용하는 구성으로 Case1과 Case2의 단점을 보완하여 유리 3장으로 구성되며, BIPV module의 무게 및 두께가 개선될 수 있을 것으로 사료된다.

3. BIPV module의 단열성능 검토

진공유리가 부착된 BIPV module(그림4의(c))과 현재의 BIPV module(그림2)의 단열성능 경향 비교 검토를 위하여, 미국 LBNL에서 개발된 Window 7 프로그램을 사용하였다. 이 프로그램은 ASHRAE 기준조건에서 창호의 유리에 대한 종합적인 열관류율을 계산할 수 있을 뿐만 아니라 입사각별 일사확득계수(SHGC), 태양투과율(Tsol), 가시광선투과율(Tvis) 등 창호에 대한 광학 데이터를 정밀하게 계산할 수 있어 세계적으로 인정받고 있는

프로그램이다. 표4의 유리 구성에 대하여 검토하였으며, 그 결과는 그림 5와 같다. 진공유리의 경우, 단열성능 시험성적서⁸⁾ 결과값과 시뮬레이션 결과값과의 차이를 최소화하기 위하여 Window 7 프로그램의 Gap Library에서 진공층 관련 Gap Pillar Definition 조건을 표 5와 같이 설정하여 검토하였다.

그림 5에서와 같이, 현재의 BIPV module은 복층유리 제작시 적용하는 후면유리 및 중공층 가스에 따라 동일한 유리 두께를 유지하면서 2.612 W/m²K ~ 1.435 W/m²K의 단열성능을 가지며, 진공유리가 부착된 BIPV module의 경우 27.76mm 보다 11.75mm가 더 얇은 두께를 유지하면서 단열성능은 0.517 W/m²K으로 보다 높게 계산되었다. 이는 새로 개발하고자 하는 BIPV 모듈이 기존 BIPV모듈의 단열성능보다 2.77 ~ 5.05 배 향상됨을 확인할 수 있었다.

Table. 4 Glazing system of BIPV module

| | |
|-------|---|
| (1-1) | 10.76T BIPV + 12A + 5T Clear Glass |
| (1-2) | 10.76T BIPV + 12Ar + 5T Clear Glass |
| (1-3) | 10.76T BIPV + 12A + 5T Single Low-e |
| (1-4) | 10.76T BIPV + 12Ar + 5T Single Low-e |
| (2) | 10.76T BIPV + 0.25Vacuum + 5 Single Low-e |

Table. 5 Ug & Gap Pillar Definition

| | | |
|-----------------------|-------------|--------------------------|
| Ug | Test Report | 0.534 W/m ² K |
| | Simulation | 0.535 W/m ² K |
| Gap Pillar Definition | Type | Circular |
| | Radius | 0.16 mm |
| | Spacing | 40 mm |

8) The test report form KPPA 2010-683

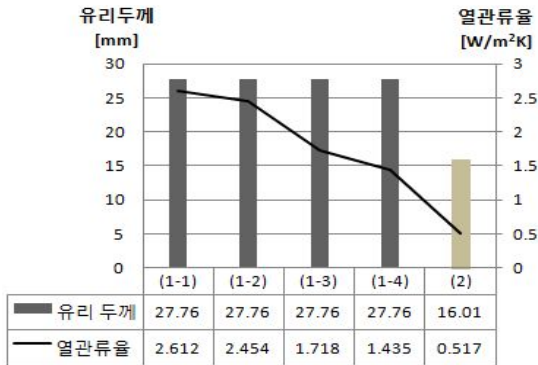


Fig. 5 Thickness and Ug of OLD & NEW BIPV Module

4. 제안된 BIPV module의 봉지재에 따른 Lamination 실험과 고찰

진공유리가 부착된 BIPV module 개발을 위하여 그림 4의 case3 구성을 기준으로 봉지재에 따른 Lamination 실험을 진행하였다. 현재 BIPV module에 가장 많이 적용되는 봉지재인 PVB Sheet를 이용한 Lamination 공정으로 실험을 하였으며, 결과는 다음과 같았다.

4.1 PVB를 이용한 Lamination 실험

G-to-G 타입의 BIPV module에 사용되는 PVB sheet를 이용하여 그림 6과 같이 진공유리 Lamination를 진행하였다.

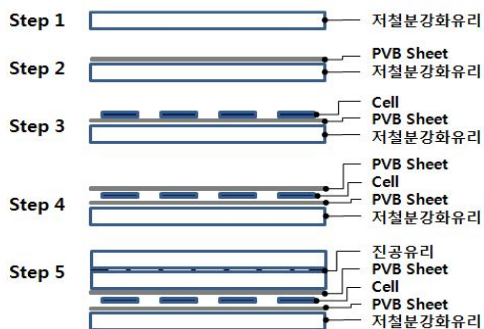


Fig.6 Experiment structure of BIPV module equipped with Vacuum Glass with PVB

Lamination 실험을 위한 가열온도와 가열 시간은 PVB Sheet를 이용하여 BIPV module을 제작하는 모듈제조사 S社의 생산조건을 기준으로 설정하여 실험을 진행하였다. 일반적인 G-to-G BIPV module은 163°C에서 40분간 Lamination을 진행하지만, 진공유리의 두께를 고려하여 170°C/50min으로 Lamination 초기 실험 결과 그림 7과 같이 진공유리가 불균일하게 파손되었으며, 163°C/50min에서도 진공유리가 파손되는 결과를 얻었다. 이러한 파손은 그림 8과 같이 주로 진공유리 가장자리 부분의 저융점 유리(Frit)에 의한 실링 부분에서 발생하였다.

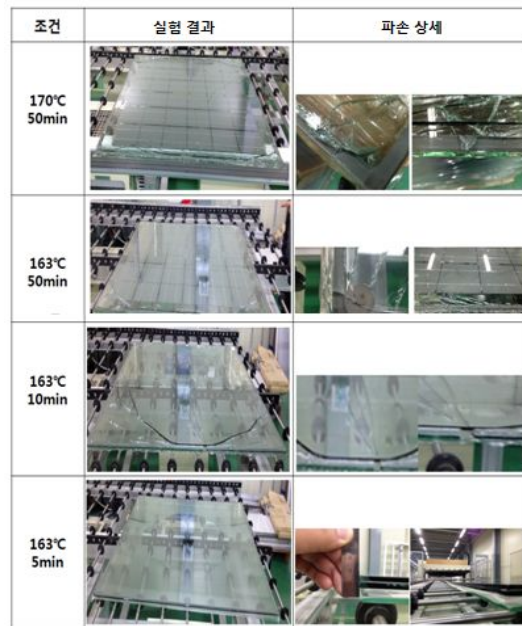


Fig. 7 Results of PVB Lamination



Fig. 8 Detail of Edge Broken

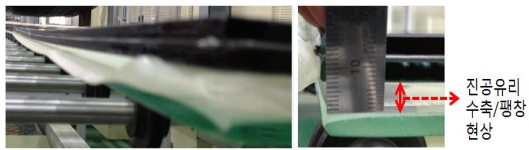


Fig. 9 Edge Bending

진공유리의 파손 원인이 Lamination 공정 중 가압공정에 의한 파손인지를 확인하기 위하여 가열시간을 조정하여 진공유리의 변형 및 파손에 관하여 실험하였다.

그림 7에서와 같이, 가압공정 이전 단계인 163°C/10min 으로 Lamination 실험 결과 진공유리가 파손되었으며, 실험시간을 단축한 163°C/5min 조건에서는 진공유리가 파손되지는 않았으나, PVB sheet가 완전히 녹지 않는 결과를 얻었다. 또한, 그림 9과 같이 진공유리의 가장자리 부분의 휨현상이 발생하였다. 이를 통하여, 가압공정에 의해 진공유리가 파손되는 것이 아니라는 사실을 확인할 수 있었으며, 가열과정에서 진공유리의 온도 상승에 따른 팽창이 중앙부분과 가장자리의 실링 부분이 서로 달라 파손현상이 발생한 것으로 사료된다.

4.2. Resin을 이용한 Lamination 실험

그림 4의 case 3와 같이 저철분강화유리 및 태양전지 그리고 진공유리를 구성하고 Resin을 이용하여 Lamination 실험을 하였다. UV경화시간은 일반적인 5T Glass/1T Resin/5T Glass의 경우 10분정도이나, 5T Glass/1T Resin/10.25T Vacuum Glass의 경우 후면 진공유리를 고려하여 기존 경화 시간보다 긴 15분동안 UV경화 실험을 하였다. UV경화로 내부온도는 35°C를 넘지 않았으며, 실험 결과 그림 10과 같이 진공유리가 파손되는 현상은 없었다.

이는 PVB Sheet를 사용하는 Lamination 온도 조건에 비하여 상대적으로 낮은 온도에서 진행되었으며, Lamination 시간 또한 20분 미만으로 짧은 시간에 진행되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한, 그림 11에서와 같이 진공유리의 휨발생 또한 없음을 확인할 수 있었다.



Fig. 10 BIPV module equipped with Vacuum glass with resin

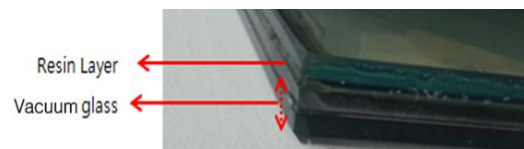


Fig. 11 Edge Detail

5. 결 론

본 연구는 BIPV module의 단열성능 개선을 위하여, 진공유리가 부착되는 BIPV module 개발에 대하여 연구하였으며, 주요 결과는 다음과 같다.

- (1) 진공유리가 부착된 BIPV module을 제작할 수 있는 3가지 구성안에 대하여 고찰하

고 특성을 비교하였으며, 진공유리를 후면 부재로서 직접 전면 유리와 결합하는 형태의 G-to-G BIPV module 구성을 도출하였다.

- (2) 시뮬레이션 프로그램으로 진공유리가 부착된 BIPV module의 단열성능을 계산한 결과 $0.517\text{W/m}^2\text{K}$ 으로 계산되었으며, 현재의 BIPV module과 비교하여 단열성능이 2.77배 이상 향상됨을 확인할 수 있었다.
- (3) PVB Sheet와 Resin을 이용하여 실험을 하였으며, PVB를 이용할 경우 진공유리가 파손되는 결과를 확인할 수 있었다. 이때 파손의 원인이 가압공정에 의한 파손이 아니라 고온 공정에서 진공유리의 중앙부분과 가장자리 부분의 팽창 조건 차이에 의한 파손으로 사료된다.
- (4) 진공유리가 파손되지 않는 조건에서는 진공유리의 휨현상 발생 및 PVB Sheet가 충분히 녹지 못하는 것을 확인할 수 있었다.
- (5) Resin을 사용하는 Lamination 실험에서는 진공유리의 파손없이 BIPV module을 완성하였으며, 진공유리의 휨현상 또한 발생하지 않았다. 이는 PVB의 고온 공정에 비해 상대적으로 낮은 온도조건(35°C 이하)에서 제작되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한, UV 경화과정에서 진공유리에 의한 간섭이 없음을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 진공유리가 부착된 고단열 BIPV module을 개발할 수 있는 구성 및 Lamination Method를 제시하였으며, 이후 해당 제품의 상용화를 위해 다양한 조건에서의 성능 실험을 추가적으로 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 인하대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. Ministry of Knowledge Economy, New Renewable Energy White paper, 2012
2. The Regulation of Building facilities, The 21th, The table of Thermal transmittance which is part of Related region's building)
3. LBNL, Therm 7 / Window 7 NFRC Simulation Manual, LBNL 2014
4. Lee, Jin-Seob et al., Correlation Effect of Lamination Condition and Bubble in Photovoltaic Module Manufacturing Process, KSES Spring Annual Conference presentation file(2007-04)
5. Won, Jong-Seo et al., The Condensation Risk Assessment of Vacuum Multi-Layer Glass and Triple Glass using the Temperature difference Ratio, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 25, No. 11(2013), pp.573~577.
6. Song Su-Bin et al., Insulation Performance and Building Energy Saving Effect of Vacuum Insulation Glass, KSES Fall Annual Conference presentation file, Vol. 32, No. 2, pp.139~142, 2012.
7. Kim, Ha-Ryeon et al., Analysis on the Season Characteristics of Glass-Glass BIPV Module according to various Types of the Backside Glass, KSES Fall Annual Conference presentation file, Vol. 30, No. 2, 2010.
8. The test report form KFPA 2010-683