

두께에 따른 유리 모서리 용융부의 공정변수 최적화

Optimization of Molten Pool Process Variable according to the Thickness of Glass Edge Sealing

*이광근¹, #전익식²

* J. G. Lee¹, # E. S. Jeon(osjun@kongju.ac.kr)²

^{1,2} 공주대학교 기계공학과

Key words : Glass edge sealing, Vacuum glazing, Hydrogen mixed gas, Gas torch nozzle

1. 서론

건물부분의 에너지 소비량은 국가 총 에너지 소비량의 25% 이상을 차지하고 있으며 지속적인 증가추세가 예상되고 있다. 특히, 고유가시대의 진입이 임박한 가운데 대부분의 에너지를 수입에 의존하고 있는 우리나라에서는 시급히 해결해야 할 주요 현안으로 부각되고 있다.¹⁾

일반적으로 건물에서 발생하는 에너지손실은 건물의 벽체나 지붕, 그리고 창 등을 통하여 이루어진다. 이 중에서 창을 통한 열손실량은 주택의 경우에는 전체 열손실량의 20~40% 정도를 차지하고 일반 사무소건물인 경우에는 15~35% 정도를 차지할 정도로 높은 비율이다. 이는 창의 종합열전달계수가 벽체나 지붕의 6-7배 정도로 크기 때문에 건물 외피 중 열적으로 가장 취약한 부위가 된다.^{2,3)} 이에 대하여 실내의 열손실량을 최소화 할 수 있는 창호의 성능 향상을 위한 개발이 꾸준히 이루어지고 있으며, 고성능 창호에 대한 관심이 증대하고 있다.

그러나 가장 효율적인 유리로 알려진 진공유리에 대한 연구는 공정기술 및 장비개발 부재로 인하여 개발이 이루어지지 않고 있다. 이에 따른 진공유리에서의 유리-유리 사이를 접합하는 방법으로 초음파, 레이저, 유리접착제(Frit)를 이용하여 접합하는 방법 등이 연구되고 있다. 특히 Frit를 사용한 유리의 접합공정이 다방면에 활용되고 있으나, 이 경우 진공유리와 내구성 및 열강화 시 문제가 발생될 수 있다.⁴⁾

이러한 문제해결을 위하여, 본 연구에서는 접합부를 가스토치를 활용하여 용융부를 형성시키고, 접합부의 접합신뢰도 및 내구성을 향상시키고자 한다. 유리용융을 위하여 자체 고안한 수소혼합가스 노즐을 사용하였으며, 각 유리 두께에 따른 최적공정조건을 실험계획법으로 도출하고, 최적조건에 대하여 각 공정변수간의 관계를 규명하고자 한다.

2. 장치구성 및 실험방법

2.1 장치의 구성

본 연구에서는 수소혼합가스를 이용한 유리 접합을 위하여 Table 1과 같은 장비를 구성하였으며, Fig. 1은 실험장치의 전체적인 시스템이다.

Table 1 Components of glass sealing system

No.	Name	Function
1	Furnace	Preheat of glass
2	Torch transfer	Torch moving
3	Gas torch	Glass sealing
4	Gas generator	Gas supply
5	Furnace control Panel	Furnace control
6	Coolant	Gas torch cooling



Fig. 1 Glass sealing system of experimental setup

고밀도 열원을 이용한 유리접합 실험을 하기 위하여 다음과 같은 장치를 이용하였다. 먼저 유리접합 분위기를 조성하는 전기로(Furnace), 온도의 패턴을 생성 및 조절하기 위한 제어 패널(Control panel), 고밀도 열원인 수소혼합가스를 생성 및 일정하게 공급하는 가스 발생기(Gas generator), 유리의 특성을 고려하여 가스를 일정한 압력으로 공급하여 불꽃의 안정화를 시킬 수 있도록 제작한 토치(Torch), 토치의 X, Y, Z 방향으로 이송이 가능한 자동 토치 이송기(Nozzle transfer), 전기로 내 토치의 과열을 방지할 수 있도록 냉각시켜주는 수냉기(Coolant) 등으로 구성하였다.

2.2 유리 접합을 위한 공정변수의 설정

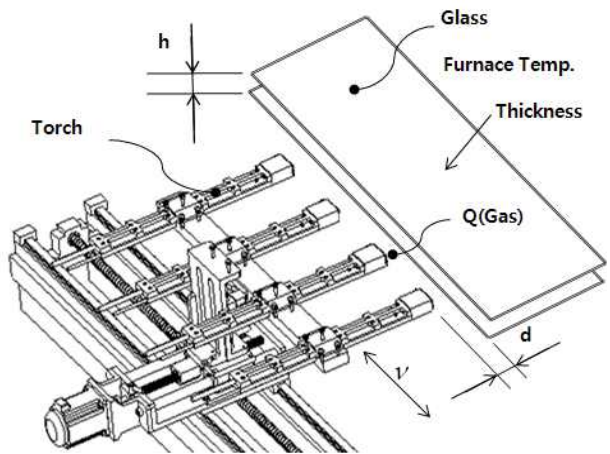


Fig. 2 Glass sealing set of process variables

Table 2 Glass sealing conditions

No.	Process variables	Values		
1	Glass thickness (mm)	2	3	5
2	d (mm)	3, 4, 5		
3	Q (ℓ/min)	3, 4, 5	4, 5, 6	5, 6, 7
4	v (mm/min)	350, 400, 500		
5	h (mm)	0.2		

유리는 소다라임계의 유리로 크기는 300×200(mm)을 사용하였으며, 상판유리와 하판유리 사이의 간격(h)을 0.2mm로 두었으며 유리의 접합을 위하여 전기로 분위기 온도는 600℃, 접합실험 시 적용되는 공정변수는 Fig. 2와 같이 유리의 두께(Glass thickness), 토치와 유리사이의 거리(d), 수소혼합 가스량(Q), 토치속도(v)로 나누었다. 각 공정조건별 값은 진공유리개발에 관한 공정변수의 관한 기초연구⁵⁾를 인용하여 용융부의 형상제어를 위한 최적화 범위를 다음 Table 2와 같이 설정하였다.

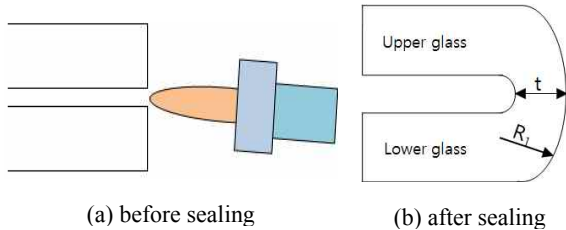


Fig. 3 Glass edge sealing

Fig. 3은 유리 접합 실험 전과 실험 후의 유리 단면형상 나타내며, 유리 두께와 용융부 두께가 t와 같으며, 또한 상하판 유리두께와 사이간격 0.2mm를 합한 값이 R₁값과 근접한 나오는 각각의 유리 두께별 공정변수를 찾는 것을 목표로 설정하였다.

3. 실험 및 분석

3.1 실험방법

Fig 4와 같은 실험 순서에 의해 수소혼합가스를 이용한 유리접합 실험을 실시하였다.

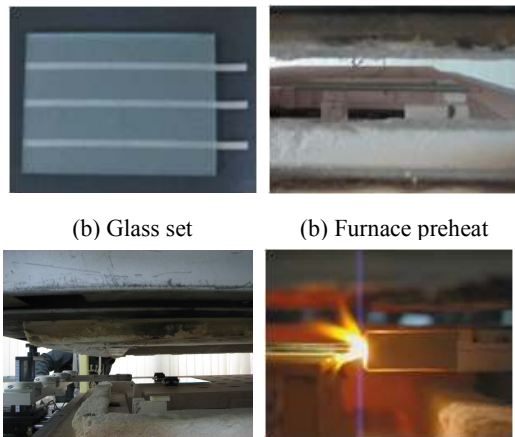


Fig. 4 Experimental procedure

먼저 절단 및 세정을 통한 유리를 상판과 하판으로 사용하였으며, 유리사이 간격 유지를 위하여 줄자 형태의 0.2mm 철판을 상판과 하판사이에 삽입하여 전기로 받침대(Setter) 위에 올려놓은 다음 토치와 일정한 거리를 유지 하도록 수평을 맞추어 놓고 전기로 패널을 이용하여 온도패널을 입력 후 전기로를 가동하였다. 전기로 분위기 온도가 600℃되면 가스발생기를 통하여 수소 혼합가스를 생성하고 토치에 공급을 하게 되면 원하는 가스량을 조절한 후 점화하여 열원을 생성한다. 토치 이송기를 통하여 유리와 토치 사이거리, 높이, 속도를 조절하고 유리의 모서리(edge) 부분을 따라 자동 이송하도록 설정하였다.

유리는 상판과 하판이 용융되어 용융풀이 생성되며, 모서리를 따라 길이 방향으로 한쪽 모서리 면이 접합이 된다. 접합 후 서냉공정을 거쳐 접합된 유리를 얻었다.

3.2 실험결과

Fig. 5는 유리접합 실험 후 단면 커팅작업을 통하여 용융부의 단면형상을 나타낸 것이다. 유리 두께별 각각의 설정된 공정변수를 정하여 실험한 유리에 대해 각각의 단면형상의 용융부 두께 및 라운딩 값을 각각 측정하였다.

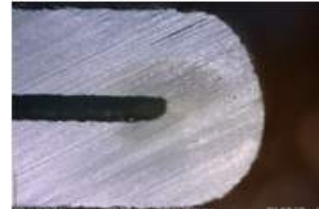


Fig. 5 Cross of glass edge sealing

Table 3는 실험을 통하여 최적의 용융부의 단면형상이 되는 유리 두께별 공정변수 값을 나타낸다.

Table 3 Result of experiments

Variables Thickness	d ₁ (mm)	Q (l/min)	v (mm/min)
2t	4	4	400
3t	5	5	450
5t	3	7	400

4. 결론

본 연구를 통하여 고밀도 열원인 수소혼합가스를 이용한 새로운 용접형태의 유리접합 방법을 제안하였다. 또한 유리 용융부 형상의 목표 값을 설정하고, 이에 따른 각각의 공정변수를 범위를 선정하였다. 유리두께별 실험을 실험계획법에 의해 실시하였으며, 각각의 두께별 최적화 된 용융부의 형상에 따른 공정변수 값을 얻었다. 이 방법은 향후 Frit를 사용하여 접합하는 경우에 비해 열손실을 최소화하고, 내부 응력을 견딜 수 있는 유리접합 방법으로 사용될 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 중소기업기술혁신사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

- Jin-Woo Jo, "Development of heat energy controllable window systems for civil architecture" Center for Technology Fusion in Construction, 2008.
- D. K. Benson, 1990, "Vacuum Window Glazing for Energy Efficient Buildings", SERI report
- Sunghwan Cho, Choolyong Chang, Jongho Och, "Thermal Characteristic of Vacuum Window Glazing " Architectural Institute of Korea, Vol. 14, No. 8, pp. 235-242, 1998.
- Bo-Hwa Lee, "Experimental Study on Manufacturing of Insulation Vacuum Glazing and Measurement of the Thermal Conductance", KSME(B), Vol. 30, No. 8, pp. 772-779, 2006.
- Jonggon Lee and Euysik Jeon, " An Experimental Identification of Glass sealing Process for a Vacuum Glass", Journal of KSPE, pp. 169~170, 2009.