

# 진공유리개발을 위한 공정변수의 실험적 규명에 관한 연구

## An Experimental Identification of Glass sealing Process for a Vacuum Glass

\*이종근<sup>1</sup>, #전의식<sup>2</sup>

\*J. G Lee<sup>1</sup>, #E. S. Jeon(osjun@kongju.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 공주대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 공주대학교 기계자동차공학부

Key words : Glass sealing, Glass welding, Nozzle Transfer, Gas Torch Nozzle, Hydrogen Mixed Gas

### 1. 서론

최근, 지속적인 경제발전과 인구증가에 따른 대도시의 도시기능 확대에 의하여 건축이 매우 활발해지고 있으며 특히, 도심 재개발 등으로 인한 대형·고층 건물의 건설로 인한 건물의 냉난방, 조명, 급탕 등을 위한 각종 설비의 증가와 함께 에너지소비량 역시 급격히 증가하고 있다.

에너지의 효율을 높이는 정책이 다양하게 이루어지고 있으며, 대표적인 것으로 단열진공창, 태양광 집열 외창, 연료전지 등이 있다. 먼저 단열진공창의 경우 건물외부 중 창호부분은 사용재료의 특성, 기술개발의 어려움과 경제성 때문에 에너지손실 열량 중 주택의 경우는 약 20%~40%, 일반사무소 건물의 경우에는 약 15%~30%가 창호를 통하여 발생하고 있는 것으로 연구 발표가 되고 있다.[1] 유리는 산업 및 실생활에서 거의 모든 분야에 사용되어지고 있다. 특히, 유리 고유의 특징인 오염되지 않고, 내열성이며, 성형 및 가공하기 쉬운 점을 이용하여 무수한 제품이 생산되어 지고 있고, 경제 문화 수준이 높아질수록 부가가치가 높은 유리제품의 개발이 많이 발생하고 있다.

태양광 집열 외창과 태양전지는 고유가 환경 및 환경오염으로 인한 지구온난화 등 각종 문제를 극복할 수 있는 무공해 자원으로 선진 기술력을 가진 다른 나라보다 활성화가 되어있지 않다. 여기서 공통으로 사용되는 것이 바로 진공패널유리이다.[2] 따라서 기존의 Frit를 사용해서 접합 할 경우 내구성 및 열강화시 문제가 됨에 따라 이를 고밀도 열원으로 대체하여 본 연구에서 고밀도열원인 수소혼합가스를 활용하여 유리접합을 위한 공정변수를 실험을 통해 각 공정변수의 상호관계를 규명하고자 한다.

### 2. 유리접합을 위한 장치와 공정변수

#### 2.1 장치의 구성

본 연구를 수행하기 위하여 다음 Fig. 1 과 같은 시스템을 구성하였다.



Fig. 1 Furnace system for glass sealing

고밀도 열원을 이용한 유리접합을 위하여 유리 가열을 위한 전기로(Furnace), 전기로에 전원을 공급하고, 온도의 패턴을 생성해서 다양한 온도를 조절하기 위한 제어 패널(Control panel), 수소혼합가스를 생성해주고 유리 접합을 위한 고밀도 열원 발생

기(Gas generator), 수소혼합가스를 일정한 압력으로 공급해주는 동시에 유리의 특성을 고려한 고밀도 열원을 사용한 토치(Torch), 토치의 X, Y, Z 방향으로 이송이 가능한 자동 이송기(Nozzle transfer), 토치의 과열을 방지하고 냉각시키는 수냉기(Coolant) 등으로 구성하였다. 이송기는 유리 접합 시 토치를 일정한 속도를 유지하도록 설계되어 있으며, 전체가 모터를 이용한 자동이송이지만, 높이 조절은 유리의 중심에 맞춰놓으면 지속적으로 사용 가능하므로, 수동조작 방법으로 제작하였다.

#### 2.2 공정변수의 설정

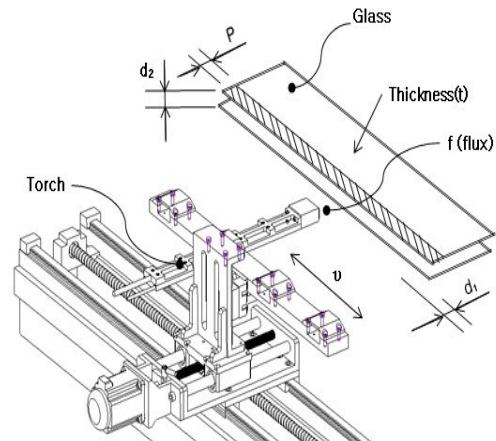


Fig. 2 Glass sealing set of process variables

유리의 접합을 위하여 상하단의 유리를 일정한 높이를 두고 접합실험 시 적용되는 공정변수는 Fig. 2와 같이 토치이송속도(v), 두께(t), 토치와 모재사이의 거리(d<sub>1</sub>), 유리간격(d<sub>2</sub>)로 정하였다. 또한, 토치와 모재(유리)사이의 거리와 토치이송속도 및 가스유량(f)을 변화시켜가면서, 유리접합을 실험하여 적합한 속도와 간격을 우선 결정하고자 한다. 유리간의 간격은 진공창으로 전환 시 스페이서의 크기와 비례하도록 설정하였다.

### 3. 실험 및 분석

#### 3.1 실험방법

전기로를 가동시키기 전에 준비 작업이 필요하며 실험 준비는 다음과 같다. 먼저 접합하고자 하는 소다라이미유리의 상태를 확인하여야 한다. 균열 및 변형이 없어야 실험 시 이상적인 결과를 얻을 수 있다. 다음 유리 절단 작업 후 세타위에 준비한 유리를 올려놓고 수평을 맞춘다. 그 다음 토치를 이송시켜서 유리와의 거리 및 높이를 세팅한다.

로의 상부를 토치가 이송할 수 있는 범위까지 이동시키고, 로의 제어 패널의 패턴을 정해서 온도를 입력시킨 후 로를 가동시킨다. 패턴의 온도 입력 시 온도가 곧바로 고온에 이르지 않도록 구간을 나누어서 단계별 온도를 일정하게 맞추고 분위기 온도가 접합온도에 이르게 되면 수소혼합가스 발생장치를 가동시킨 후 이송기를 가동하여 토치를 정해진 거리 및 높이에 위치 세팅하고 원하는 속도를 설정한다. 이때 분위기 온도는 로에 연결된 K타입의 열전대를 사용해서 로의 온도분포 및 유리의 온도분포

를 실시간으로 모니터링을 한다. 다음으로 냉각기를 작동 시켜 토치내부의 온도를 일정하게 유지하도록 하고, 수소혼합가스 발생기의 유량을 조절한 후에 밸브를 열어 가스가 토치에 나오게 만들며 점화를 시켜 불꽃을 생성한 후 불꽃이 일정한 아크를 발생할 때까지 기다린 다음 유리의 상태를 확인하고, 자동 이송기를 이용하여 일정한 속도에 따른 유리접합을 수행한다.

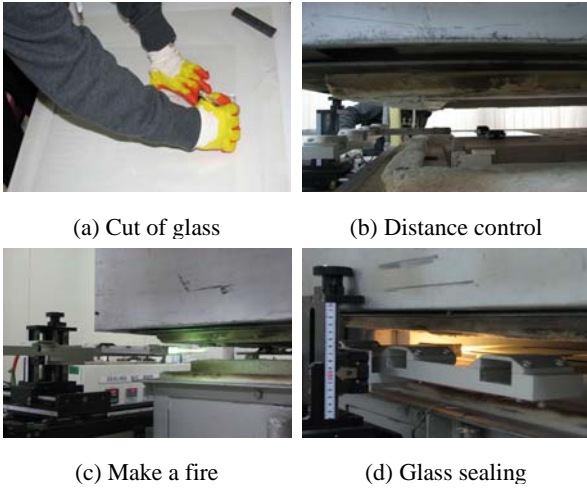


Fig. 3 Experimental procedure

3.2 실험결과 및 고찰

다음 Fig. 4는 로의 온도 분포를 측정된 결과 나온 맵으로 로 안의 세타 위에 접합 할 유리를 놓는 위치를 정하는데 있어 중요한 변수가 될 수 있기에 가장 온도편차가 심하지 않고 원하는 온도를 갖는 구역에 위치하여 실험한다.

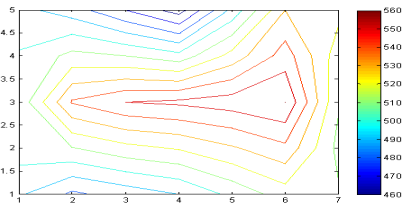


Fig. 4 Contour map of Furnace

실험 장치를 통하여 토치와 유리 사이의 거리( $d_1$ ), 토치이송속도( $v$ )를 변화시키면서 실험을 한 후, 접합된 부분의 유리두께 및 유리의 용입깊이를 측정하였다. Fig. 4는 접합속도와 모재와 토치간의 거리 및 가스유량을 변화시키면서 접합을 수행한 결과를 나타낸다.

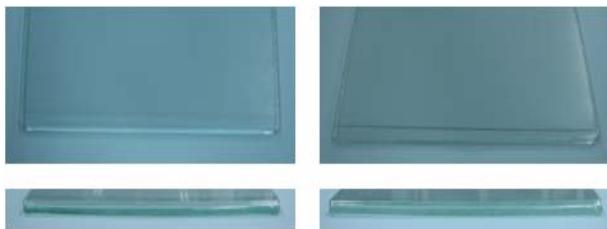


Fig. 5 Experimental results for glass sealing

유리의 종류는 소다라임 유리를 사용하며, 유리두께는 2mm에 대하여 실험을 하였다. 또한 토치의 속도의 변화는 400~600mm/min 범위 안에서 이루어졌으며, 토치와 유리사이의 거리를 변화시켜 유리접합에 어떤 영향을 미치는지 분석하고자 한다. 실험 결과, 속도가 너무 느린 경우 유리가 로 안에서 많이 녹아 흘러내리는 경우가 발생하며, 속도가 너무 빠를 경우 두장의 유리가 각각 미세하게 용융되었지만 접합이 되지 않는

것을 확인할 수 있었다. 접합 시 세타 위에 유리가 토치이송장치간의 일정한 높이가 유지되지 않을 경우 유리의 변형이 발생하며, 또한 유리가 제대로 절단 및 가공이 되어 있지 않을 경우 실험 중에 깨져버리거나 균열이 발생하거나 과열된 경우 기공이 발생하기도 하였다.

토치와 모재간의 거리를 15mm로 세팅하고 속도를 바꾸어가면서 실험을 수행한 결과, 상하 모재의 두께와 간극을 포함한 2mm의 용입에서 양호한 접합 조건을 확인하였다.

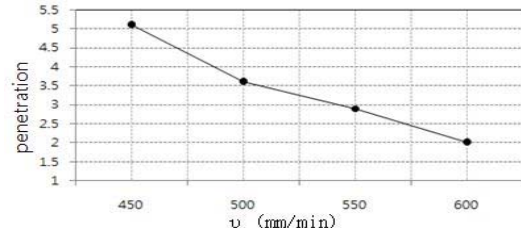


Fig. 6 Penetration to the speed (0.7t)

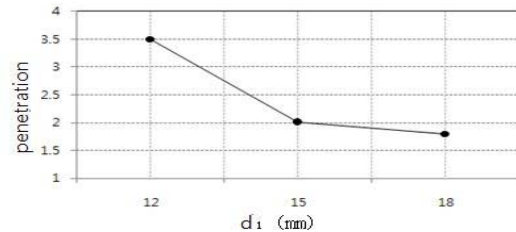


Fig. 7 Penetration to the distance(0.7t)

이를 통해서 알 수 있듯이 모든 경우에 양호한 접합조건을 얻을 수 있으며, 모재와의 간극을 통하여 열량을 제어하여 용입량을 제어할 수 있음을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 전기로 안에서 유리접합을 수행하기 위한 공정 변수를 실험적으로 도출하여 유리를 접합하는 방안을 제시하고, 이를 유리접합 공정변수인 토치의 이송속도, 토치와 유리모재사이의 거리를 측정하여 분석하였다. 실험 중에 로 내부온도와 외부온도의 차이는 유리에 직접적인 영향을 주는 것을 확인할 수 있었으며, 로 내부에서도 각 부분마다 온도가 미세하게 차이로 인해 유리가 깨지거나, 접합 중에 파손되는 것을 확인하였다. 향후, 로 안의 온도를 일정하게 공급할 수 있도록 보완이 필요하며, 유리의 두께에 따른 실험을 더 수행해야 할 것으로 사료된다.

후기

본 논문은 중소기업청의 ‘기술혁신개발사업’으로 수행된 연구 결과임.

참고문헌

1. 조진우, 2008, “열에너지 조절 가능한 일반 건축용 창호시스템 개발 기획보고서”, 첨단융합건설연구단
2. D. K. Benson, 1990, "Vacuum Window Glassing for Energy Efficient Buildings", SERI report
3. 조성환, 장철용, 2002, "초단열 진공창" 설비저널 제31권 제8호, pp. 28-31.
4. Bo-Hwa Lee, 2006, "Experimental Study on Manufacturing of Insulation Vacuum Glazing and Measurement of the Thermal Conductance", KSME(B), Vol. 30, No. 8, pp. 772-779