

진공유리 지지대의 제조 및 시험분석 Analysis of the Manufacturing Method and Test on Vacuum Glazing Pillar

*김재경¹, #전의식¹, 김영신¹

*J. K. Kim¹, #E. S. Jeon(osjun@kongju.ac.kr)¹, Y. S. Kim¹

¹공주대학교 기계공학과

Key words : pillar, vacuum glazing, manufacturing method, test

1. 서론

진공유리는 두 장의 유리 사이를 진공상태로 유지해 전도, 대류에 의한 열손실을 최소화한 제품으로 단열성능이 건물 벽과 유사한 고기능성 유리다. 진공유리를 구성하는 주요 요소 중 지지대는 기압 차로 인해 발생하는 압력, 내·외부 온도차이, 바람 등 복합적인 스트레스로부터 유리 사이에 존재하는 진공간극을 유지하는 필수적인 요소이다.¹⁾ 진공유리를 통한 열손실의 대부분은 지지대에서 발생하기 때문에 진공유리 지지대는 단열 소재로 제조되어야 한다. 지지대의 크기는 면적이 좁을수록 열손실이 적게 일어나므로 최소의 면적을 유지해야 하며, 이와 동시에 진공 간극을 유지하기 위해서 높은 강도를 유지해야 한다. 선행 연구에서 사용된 지지대는 인코벨이나 금속소재의 재료를 사용하여 제조하였으며, 이러한 재료들은 유리 위에 배열하는데 어려움이 있어 수동으로 직접 배치시키거나 디스펜싱 방법을 사용하여 배치하였다. 그러나 이러한 방법을 사용하면 지지대의 높이나 본래의 형상을 유지하는데 어려움이 있어 효율적이지 못한 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 직경 200~500 μm 높이가 200 μm의 실린더형 구조를 갖는 지지대를 스크린 인쇄 방식으로 배열하는 방법에 대해 실험적 연구를 수행하였으며 이를 통해 지지대의 형상, 지지대의 강도, 조직에 대해 검토하고 그 타당성을 검증하고자 한다.

2. 지지대 제조 방법

2.1 지지대의 재료 및 형상

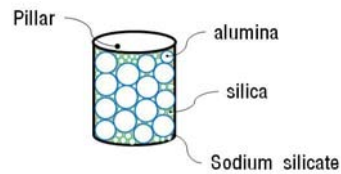


Fig. 1 The microstructure of pillar

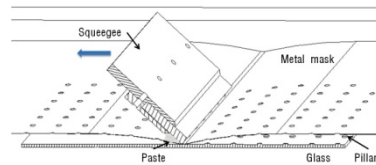


Fig. 2 Process of screen printing

본 연구에서는 용점 온도가 600℃ 이상에서 소결되는 시료 A 와 600℃ 이하에서 소결되는 시료 B 로 분류하였으며, 단열 성능과 강도 성능이 뛰어난 단열재를 주 원료로 지지대를 제조하였다. 시료의 제조 과정은 시료의 성분 하나 조합 시 마다 30 분의 교반과정을 거쳐 제조하였다. Fig. 1 은 지지대의 미세구조를 나타낸 것이다.

2.2 지지대의 배치방법

스크린 인쇄는 낮은 공정 속도를 갖는다는 단점이 있으나 공정이 단순하고 잉크와 기판에 영향을 받지 않는 장점이 있어 유리 위에 두꺼운 지지대를 배치시키기에 적합한 기술이다.²⁾

지지대를 인쇄하기 위한 과정은 Fig. 2 와 같이 메탈마스크 위에 페이스트를 올려놓고 스퀴지를 이용하여 전방으로 롤링을 시키면서 메탈 마스크 내에 있는 지지대 홀을 통하여 판유리 위에 지지대를 위치 시키는 순서로 이루어진다. 인쇄가 완료된 후에는 메탈마스크가 유리에서 분리되어 인쇄과정을 마무리 하게 된다.

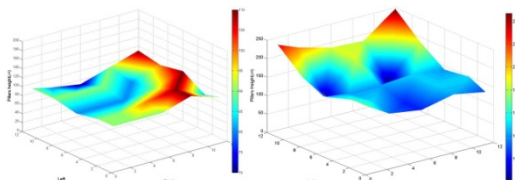
3. 실험결과 및 고찰

3.1 균일도 시험

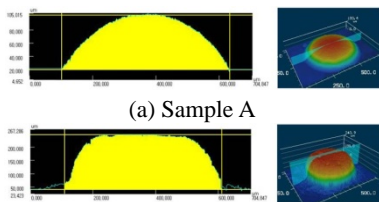
지지대 인쇄 후 2 시간 동안 300℃에서 건조를 시킨 후 지름 및 높이 측정을 실시 하였다. Fig. 3 은 인쇄된 지지대의 두께에 대한 균일도를 나타낸 것이며, Fig. 4 는 3 차원으로 측정된 지지대 형상을 나타낸 것이다. 측정결과 지지대의 전체적인 두께 균일도는 40 μm의 오차가 나타나는 것을 확인하였다. 지지대의 형상측정결과 시료 B 는 실린더형상에 가깝게 측정되었으며, 시료 A 는 반구 형태의 형상으로 측정되었다. 시료 A 와 같은 구의 형태는 유리와 지지대에서 점 접촉이 일어나기 때문에 응력 집중 현상이 일어날 것으로 사료된다.

3.2 강도시험

지지대의 강도를 분석하기 위해 만능재료시험기를 사용하여 압축강도시험을 실시 하였다. 건조 조건은 이전과 동일하며 지지대는 KS M 1424 의 기준에 따라 지름과 높이의 비율이 1:2 인 시편을 제작하였다. Fig. 5 는 지지대의 압축강도 시험결과를 나타낸 것이다. 시험결과 시료 A 는 진공유리에서 요구하는 압축강도를 만족하지 못하는 값이 측정되었으며, 시료 B 는 압축강도를 만족하는 값이 측정되었다.

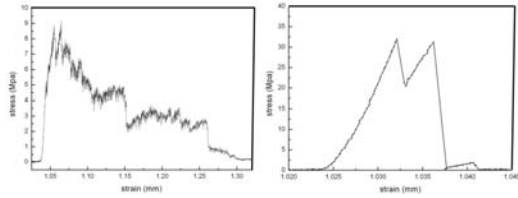


(a) Sample A (b) Sample B
Fig. 3 Height uniformity of pillars



(a) Sample A (b) Sample B

Fig. 4 The results of 3D shape measurement on pillars



(a) Sample A (b) Sample B
Fig. 5 Results of compressive strength

4. 결론

진공유리 지지대의 제조 및 시험 분석에 대한 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 형상측정결과를 통하여 시료 B 를 사용한 지지대의 형상이 실린더형에 가깝게 인쇄되는 것을 확인하였다. 이에 따라, 스크린 인쇄 방식으로 주 성분이 단열재료인 진공유리 지지대를 배치 할 수 있는 가능성을 확인하였다.

둘째, 지지대의 불균일 인쇄는 시료 성분 에 따라 발생할 수 있으나 본 연구에서는 인쇄 기계의 낮은 정밀도 및 인쇄공정조건 등의 기계적 결함에 의한 것으로 사료된다.

셋째, 단열재 혼합 시료를 통해 지지대 제조 시 진공유리 지지 강도를 만족함을 확인하였다.

후기

본 연구는 산학연공동기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. R. E. Collins, A. C. Fischer-Cripps, "Design of Support Pillar Arrays in Flat Evacuated Windows", Australian Journal of Physics, 44, pp. 545-563, 1991
2. 윤성만, 유종수, 유하일, 김동수, 조정대, "정밀 스크린 중첩인쇄를 통한 미세 격벽 형성", 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, 349-350, 2006.
3. 김재경, 전의식 "FEM 을 이용한 지지대 형상 및 배열에 따른 진공창 유리의 응력해석", 반도체디스플레이기술학회지, 제 9 권, 제 1 호, 2010.