

진공유리제조용 스크린 인쇄 공정변수에 따른 필러 형상분석 The Analysis of Pillar Shape according to the Process Variables of Screen Printing for Vacuum Glazing Manufacture

*김재경¹, #전의식²

*J. K. Kim¹, *#O. S. Jeon(osjun@kongju.ac.kr)²

¹공주대학교 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부

Key words : Screen printing, Pillar shape, Vacuum glazing

1. 서론

진공유리는 두 장의 유리 사이를 진공상태로 유지해 벽체와 같은 단열 수준을 유지함으로써 전도, 대류, 복사에 의한 열손실을 최소화한 제품으로 단열성과 방음성이 뛰어난 고기능성 유리다.

진공유리를 구성하는 요소 중 필러는 두 장의 유리 사이를 진공상태로 유지하기 위한 필수적인 요소이며 필러를 통한 열손실 저감 및 배치 방안에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다⁽¹⁾. 그 중 스크린 인쇄법은 재료의 사용효율이 좋고 설비 투자비가 적게 들며 생산성이 높아 필러 배치 공정에 적용하는데 있어 적합하다고 판단된다. 스크린 인쇄를 이용한 필러배치 연구는 도포량 향상과 필러의 높이와 지름에 대해서만 목적을 두었었다⁽²⁾. 그러나 필러의 형상 및 균일도에 따라 진공유리의 외부 표면이나 내부 표면의 필러가 위치한 부분에서 크랙이나 자체파괴가 일어날 수 있다⁽³⁾. 이러한 필러의 형상은 스크린 인쇄를 적용할 경우 인쇄방식과 공정조건에 따라 많은 영향을 받는다.

따라서 본 논문에서는 스크린 인쇄법을 이용하여 진공유리 필러를 배치함에 있어 공정변수에 따른 필러의 형상에 대해 분석을 실시하였다.

2. 실험방법

본 논문에서 사용한 인쇄 방식은 메탈마스크 제판의 사용과 작업 테이블 이송 방식의 반자동 인쇄기를 사용하였다. 필러 배치 공정 조건은 Fig. 1과 같이 스퀴지 압력(P), 각도(θ), 속도(v), 유리 와 제판의 거리(h) 조건에 변화를 주어 인쇄하였으며 인쇄된 필러에 대하여 3차원 형상 측정 및 단면 형상에 대해 분석을 실시하였다. 사용된 필러 시료는 무기재료가 주원료이며 점도 1.35[Pa·s]인 페이스트 상태의 시료를 사용하였다.

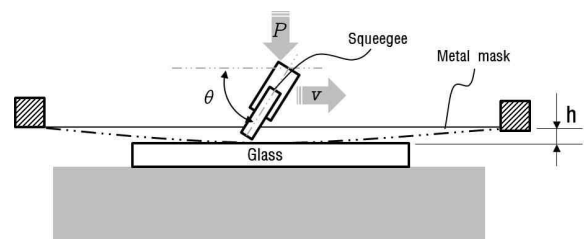


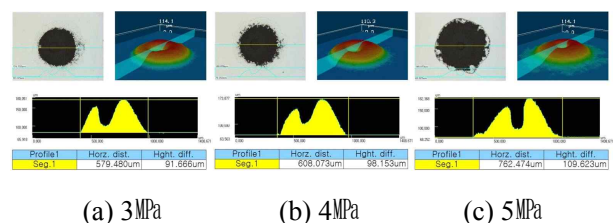
Fig. 1 Process variables of screen printing for vacuum glazing

3. 실험 및 결과 분석

필러 배치 시험을 위한 기본 공정 조건은 스퀴지 압력 5[MPa], 스퀴지 각도 60[°], 스퀴지 속도 30[mm/sec], 유리 와 제판의 거리 2[mm]로 설정하였으며 메탈마스크의 패턴은 지름 500[μm], 두께 200[μm]의 실린더 형태를 적용하였다.

3.1 스퀴지 압력 변화에 따른 형상 분석

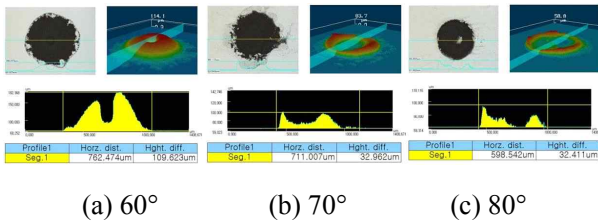
스퀴지의 압력 변화에 따른 필러의 형상 분석을 실시하였다. 범위는 3, 4, 5[MPa]이며 인쇄 시험한 결과 Fig 2와 같이 필러의 상단 중앙 부분이 파이는 현상이 발생하였다. 압력이 클수록 상단에서 파이는 부분이 더욱 커졌으나 필러의 높이는 높아지는 것으로 나타났다.



(a) 3MPa (b) 4MPa (c) 5MPa
Fig. 2 Changes of pillar shapes according to the pressure of squeegee

3. 2 스퀴지 각도 변화에 따른 형상 분석

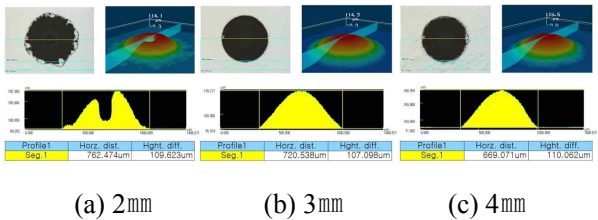
스퀴지의 각도 변화에 따른 필러의 형상 분석을 실시하였다. 범위는 60, 70, 80[°]이며 인쇄 시험한 결과 Fig. 3과 같이 각도가 클수록 필러의 형상이 전체적으로 형성하지 못하며 3.1의 시험결과보다 상단 중앙 부분에서 파이는 것이 더욱 커짐을 알 수 있다. 또한 스퀴지의 각도가 커질수록 제판에 가해지는 압력이 더욱 커졌으며 이는 3.1의 결과와 같은 영향을 받는 것으로 사료된다.



(a) 60° (b) 70° (c) 80°
Fig. 3 Changes of pillar shapes according to the angle of squeegee

3. 3 유리 와 제판의 간격에 따른 형상 분석

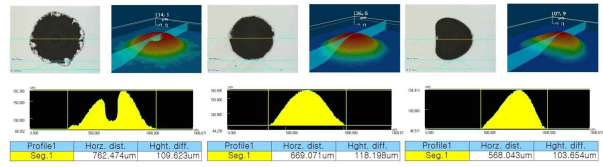
인쇄되는 유리 와 제판의 간격에 따른 필러의 형상 분석을 위해 거리에 변화를 주었다. 간격은 2, 3, 4[mm]이며 인쇄 시험한 결과 Fig. 4와 같이 간격이 커질수록 상단부분의 빈 공간은 채워지며 형상은 반구 형태로 인쇄되었다. 필러의 높이에 대한 영향은 없으나 지름의 변화는 패턴의 치수인 500 μ m에 가까워짐을 확인할 수 있었다.



(a) 2mm (b) 3mm (c) 4mm
Fig. 4 Changes of pillar shapes according to the distance between metal mask and glass

3. 4 스퀴지 속도에 따른 형상 분석

스퀴지 이송 속도에 따른 필러의 형상 분석을 실시하였다. 속도는 10, 30, 60[mm/sec]이며 인쇄 시험 결과 Fig. 5와 같이 속도가 너무 느리면 3.1의 인쇄 결과와 같이 상단 중앙 부분이 파이는 현상이 발생하며 빠른 경우에는 페이스트가 패턴을 충분히 채워주지 못해 완벽한 패턴이 형성되지 못하는 현상이 나타났다.



(a) 10mm/sec (b) 30mm/sec (c) 60mm/sec
Fig. 5 Changes of pillar shapes according to the speed of squeegee

각 공정조건 변화에 따른 형상변화는 전체적인 형상에 영향을 있었으며 특히, 스퀴지 압력과 각도는 필러의 높이에 영향을 있었다. 스퀴지의 속도 및 유리 와 메탈마스크의 간격은 필러의 지름에 영향을 많이 미치는 것으로 사료된다. 이외에 스퀴지의 재질 및 경도에 따라 메탈마스크에 압력을 가할 때 패턴으로 침투되며 이는 필러의 형상에 영향이 미칠 것으로 사료된다.

4. 결론

본 논문에서는 스크린 인쇄법을 이용하여 진공 유리 필러 배치를 실시하였으며 공정 변수에 따라 인쇄된 필러의 형상에 대하여 3차원 측정 및 분석을 실시하였다. 시험 및 측정 분석한 결과에 따라 각 공정조건이 필러의 형상에 미치는 영향을 알 수 있었으며 향후, 스퀴지의 재질 및 경도의 조건을 추가하여 모든 공정조건에 대해 최적화를 실시한다면 실린더 형태의 필러를 배치할 수 있을 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성 사업과 한국산업단지공단에서 지원하는 현장맞춤형지원사업의 지원을 받아 수행되었음

참고문헌

1. Weizhi Zheng, Ruilong Li, Jinyu Liu, "Stress distribution research on vacuum flat glazing", Proceedings of BMEI, pp. 403-406, 2011
2. J. K. Kim, O. S. Jeon, "Optimization of Ingredients for Vacuum Glazing Pillar Using DOE," Journal of KAIS, Vol. 13, No. 3, 1002-1007, 2012.
3. R. E. Collins and A. C. Fischer-Scripps, "Design of pillar arrays in flat evacuated windows" Australian Journal of Physics 44, pp. 73-86, 1991