

레이저를 이용한 유리관 밀봉 공정에서의 가스압력이 미치는 효과에 관한 연구

Study of gas pressure effect on the laser sealing process of glass tube

홍윤석, 고동섭, 배한성*, 김종배*, 문성욱*, 남기중*
 목원대학교 광·전자 물리학과, *고등기술연구원 레이저조정밀가공팀
yshong@iae.re.kr, ginam@iae.re.kr

최근 유리 소재는 디스플레이, 바이오 및 의약 산업의 발달로 그 활용도가 매우 높아져 기존의 수작업 공정에서 점차적으로 정밀성, 대량생산, 자동화 공정으로 대체되고 있다. 특히 최근 LCD 등 디스플레이 산업이 급격히 확대되면서 BLU(Back Light Unit)와 같은 유리관 부품 수요가 폭발적으로 증가하고 있다. 그렇지만 유리의 특성상 용융 및 응고 과정에서 열팽창에 의해서 파괴되거나 용접 부위가 취약해지는 등의 문제점을 일으키기 때문에 세심한 작업이 요구된다. 특히 BLU 저작공정에서 미세 유리관 내부에 가스를 채우고 밀봉하는 기술들은 매우 정밀하게 이루어져야 한다. 이에 최근의 기술은 토치를 이용하는 기술에서 레이저를 이용한 방식으로 기술 시도가 이루어지고 있으며 기존의 가공방식에 비해 정밀하게 가공할 수 있고 품질도 우수하다.⁽¹⁾

따라서 본 연구에서는 직경 1.4 mm 미세유리관과 5 mm 유리관을 CO₂레이저를 이용하여 밀봉하는 공정 기법을 개발하였고 두 유리관의 가공 특성을 비교하여 보았다. 그림 1과 같은 실험 장치를 구성하여 실험하였으며 실험한 결과를⁽²⁾ 토대로 레이저의 출력, 조사시간, 유리관 외부와 내부의 압력차이, 유리관의 회전속도, 초점거리(defocusing position)에 대한 가공 특성을 비교하여 보았다. 레이저는 코히런트사의 250 W CO₂ 레이저를 사용하였으며 레이저에서 나온 빔은 spatial filter를 거친 후 초점거리 64.5 mm인 렌즈를 통과한 후에 유리관 표면에 조사하였다. 유리관은 재질이 pyrex(borosilite)로 외부 직경이 1.4 mm이고 내부 직경이 0.9 mm인 미세 유리관과 외부직경이 5 mm이고 내부 직경이 3.5 mm인 유리관을 사용하였다.

그림 2-(a)는 1.4 mm 유리관을 회전속도(180rpm), beam-spot-size(0.91 mm), 조사시간(1000 ms), 레이저 출력(10 W)의 조건으로 실험한 결과이다. 압력이 낮을수록 안으로 밀려들어가는 밀봉 깊이가 증가함을 볼 수 있다. 동일한 조건에서 beam-spot-size를 키워가며 실험한 결과 1.12 mm까지는 밀봉이 가능하였으나 그 이상의 조건에서는 유리관이 뒤틀리는 특성을 보여 주었다. 이는 녹는 유리관 면적이 넓어짐에 따라 회전속도의 영향으로 인하여 유리관 가공 시 변형이 생기는 것을 알 수 있었다.

그림 2-(b)는 5 mm 유리관을 beam-spot-size(6.8 mm), 레이저 출력(161 W)의 조건으로 가공한 결과이다. 1.4 mm 유리관과 달리 5 mm 유리관은 밀봉되지 않고 hole이 생성되었다. 이는 압력이 낮기 때문에 레이저가 조사된 유리관 표면이 녹으면서 압력 차이로 인하여 유리관 안쪽으로 밀려들어감으로 인하여 발생되었다. 유리관이 밀려들어감에 따라 레이저가 조사된 면적의 두께가 얇아지게 되고 따라서 일정 조사시간 이후에는 충격파와 함께 크랙이 생성되었다.

본 연구결과 낮은 압력에서도 안정적으로 1.4 mm 유리관을 완전 밀봉 시킬 수 있었고 조사시간도 1초 이내에서 수행되었다. 5 mm 유리관은 내부 압력이 낮아지게 되면 가공 시 3 s 이내에 hole이 생성되어

밀봉에 어려움이 있었다. 1.4 mm 유리관은 낮은 압력에서도 밀봉이 가능하여 향후 밀봉 후 절단 공정이 가능할 것으로 확인 되었으나 5 mm 유리관은 기존공정으로는 불가능 하여 유리관을 1차 가공, 유리관 내경을 줄인 후 레이저를 조사하면 낮은 압력에서도 밀봉이 가능 할 것으로 보인다.

본 연구는 산업자원부의 '전력기반기금조성사업'에 의한 전력연구원 연구비 지원에 의하여 수행되었다. 관계자 여러분께 감사를 드린다.

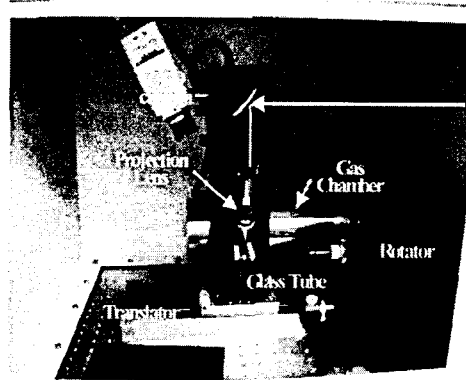
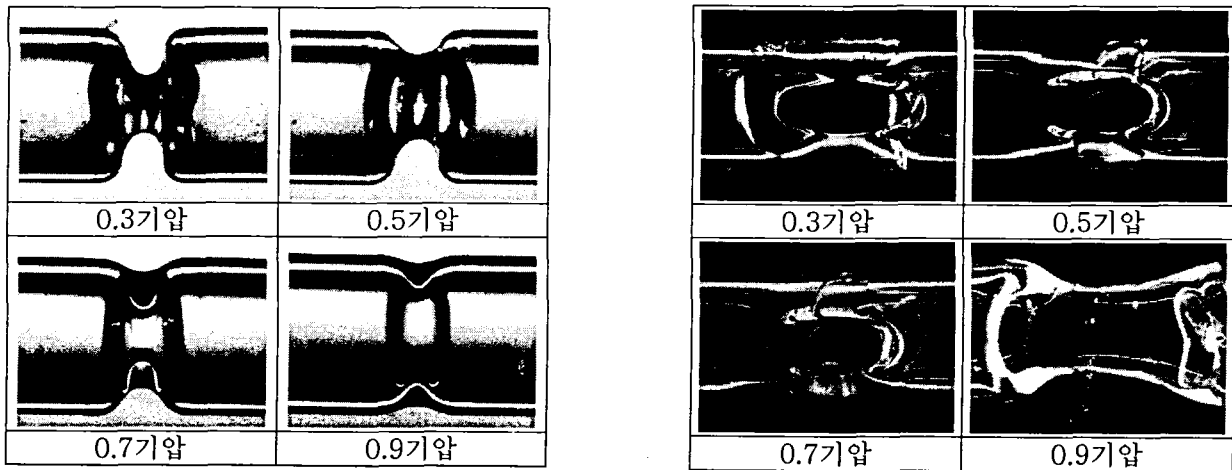


그림 1. 유리관 공정장치



(a) 1.4mm 유리관

(b) 5mm 유리관

그림 2. 내부와 외부의 압력 차이에 의한 유리관 가공 특성

참고문헌

1. C. H. Heramanns, "Laser cutting of glass", SPIE, vol. 4102, 219 (2000).
2. G.-J. Nam, M.-H. Seo, K.-H. Ryu, S.-W. Moon, Y.-S. Hong and D.-S. Ko, "Laser cutting and sealing methods of capillary glass tube", SPIE, vol. 5662, 154 (2004).

T
P