

레이저를 이용한 미세유리관 밀봉/절단

공정 및 유리관 가스 압력 효과에 관한 연구

Study of gas pressure effects and characteristics of laser sealing and cutting process of capillary glass tube

남기중, 서명희, 류광현, 이남석, 문성욱, 홍윤석*, 고동섭*

고등기술연구원 플라즈마/레이저응용센터, *목원대학교 광전자물리학과
ginam@iae.re.kr

유리관의 밀봉/절단은 용융 및 응고과정에서 열팽창에 의해서 파괴되거나 밀봉 부위가 취약해지는 등의 문제점을 일으키기 때문에 세심한 작업이 요구된다. 레이저광을 이용한 공정에서는 가공 대상의 빔 흡수 특성에 영향을 주는 레이저광의 파장, 출력, 주파수, 에너지의 강도분포인 빔 모드 등 여러 가지 요소가 고려되어야한다. 또 레이저광을 집광시킬때 초점거리에 의한 빔크기(spot size)와 초점심도(depth of focus)에도 영향을 받는다.

본 연구에서는 TEM₀₀ 모드를 갖는 CO₂ 레이저를 이용하여 직경이 1.4mm, 두께가 0.25mm, 길이가 20cm인 Quartz와 Pyrex 미세 유리관의 밀봉 및 절단을 동시에 처리하는 공정 특성 및 유리관 내부에 일정한 가스를 채워 밀봉할 때 가스 내부 압력과 외부 압력과의 차이에 의한 가공 특성에 관하여 논의하였다. 레이저를 이용한 유리관 가공 실험은 그림 1에서와 같이 단일 유리관을 장치에 수동으로 장착하고 유리관 내부의 공기를 배출하고 He 가스를 일정한 압력으로 채운 후, 유리관을 회전시켜 레이저 가공을 한다.

본 연구의 기존 결과에서 레이저를 이용한 미세유리관 밀봉 및 절단 가공 공정에 중요한 변수는 레이저 출력, 빔크기(defocusing position), 회전속도, 조사시간(exposure time)임을 알 수 있었다⁽¹⁾. 본 연구에서는 기존 연구 결과에서 보다 최적화 공정 요소와 유리관 내외부 가스 압력차이에 의한 효과를 연구하였다. Pyrex 재질은 Quartz에 비해 용융점이 매우 낮아 밀봉에 필요한 레이저 출력은 Quartz의 1/3 수준이고 초점거리 64.5mm인 렌즈를 사용할 경우 밀봉에 필요한 용융 체적을 위해서는 초점거리가 초점에서 Pyrex는 9.5~11.5mm, Quartz는 10.5~11.5mm가 떨어진 위치에서 유리관의 표면에 조사되는 것이 적절하였다. 유리관의 회전은 유리관 절단면의 대칭성을 증가시키는데 필요하며, 그 속도는 조사시간이 500~700ms일때 120~180RPM이 적절하였다. 조사 시간이 1초 이상일때는 가스 압력 차이에 의하여 절단면에 버블이 형성되거나 크랙이 발생하였으며 특히 그림2의 (a)와 같이 유리관 내부로 절단면이 진입하는 현상을 보였다. 유리관 외부의 압력은 상압으로 유지하고 내부의 압력을 He 가스를 이용하여 710torr에서부터 상압까지 변화 시킨 결과 740torr 이하에서는 절단면에서 많은 버블과 유리관 내외부가 관통된 구멍이 발생하였으며 내부 압력이 740torr 이상~ 760torr 이하에서는 그림과 같이 절단 외부 표면이 안쪽으로 파면과 같이 진입하는 특성을 보였다. 유리관 내 외부 압력이 동일한 경우에는 그림2의

(b)와 같이 절단 표면이 약간 불룩하게 밖으로 나오는 특성을 보인다.

본 연구에서는 가스가 채워진 미세유리관을 레이저를 이용하여 밀봉 및 절단을 동시에 처리할 수 있는 가공 공정에 대한 특성을 연구하여 주요 공정 조건에 대한 최적화를 찾았다. 가스가 채워진 유리관 가공시에는 유리관 내외부의 압력차이가 가공 단면의 품질에 매우 중요한 역할을 하였으며 조사 시간과도 상관성이 매우 높았다. 본 연구를 통하여 향후 미세 유리관에 대한 레이저 밀봉 및 절단 가공에 대한 가능성을 확인하였다.

본 연구는 전력산업연구개발사업 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

1. 남기중, *et al.*, "CO₂ 레이저를 이용한 미세유리관 절단 및 봉합 공정에 관한 연구", 한국물리학회 추계학술발표대회, Oct. 24-25, 경북대학교(2003).

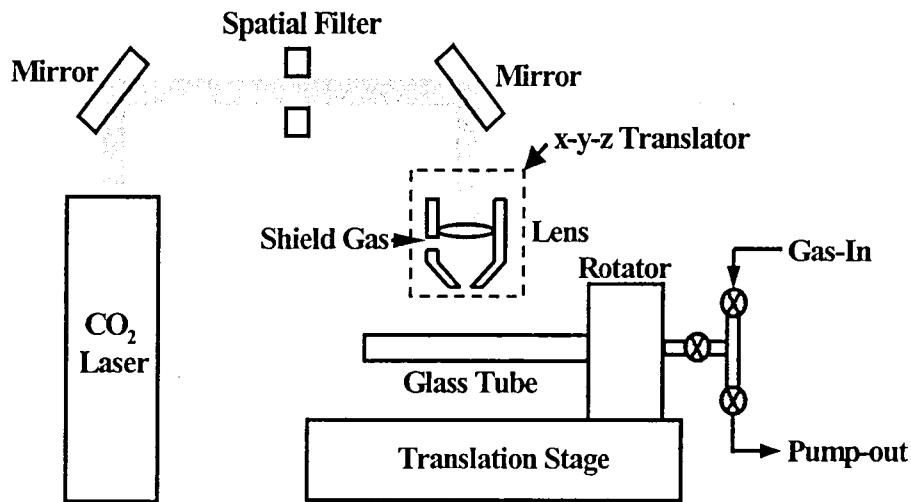


그림 1 레이저를 이용한 미세유리관 밀봉/절단 실험장치 개략도

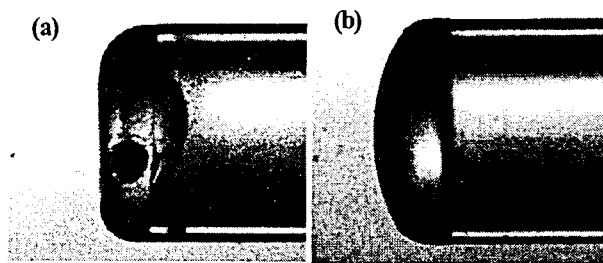


그림 2 외경1.2mm 미세유리관 내부의 가스 압력에 따른 밀봉/절단 가공 특성 (유리관 외부 압력은 상압): (a)740torr, (b)760torr