

원격 광용발 제어 시스템 제작 및 성능 시험

원휘준, 정선희, 최병선, 정종현, 문제권, 이근우
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
nhiwon@kaeri.re.kr

1. 서론

최근, 원자력 분야에서 방사능 오염을 제어하는 것뿐만 아니라 원자력 자체에 대한 안전성이 주요 관심사로 떠오르고 있다. 레이저를 사용하여 다양한 재료를 용발(ablation) 시키는 연구는 레이저 빔 형태의 광입자와 재료 사이의 상호작용을 기반으로 한다. 광 에너지, 레이저 파장, 펄스 폭등을 변화시킴에 의해 재료에 대한 성분 분석, 표면 처리 및 절단작업 등을 선별적으로 수행할 수 있다. 원자력 시설에 대해 광용발 제염기술은 다른 방법보다 그 성능이 우수한 것으로 보고되었다 [1]. 특히, 고 에너지와 극히 짧은 펄스폭의 레이저를 사용하면, 재료 표면에서 광 에너지의 흡수가 급격하게 진행되어 오염층만 순간적으로 증발하여 제거되는 현상이 나타난다. 그러나, 이 광 용발 제염법은 전 세계적으로 원자력 분야에의 적용이 초기 단계에 있다. 본 연구에서는 컴퓨터로 원격 제어되는 광용발 제염 시스템을 사용하여, 이 시스템은 한국원자력연구원에서 직접 설계, 제작한 것이다. 본 연구의 목적은 이 제염시스템의 제어 성능을 파악하는 데에 있다.

2. 본론

2.1 실험

레이저 발생장치로 프랑스 Quantel 사에서 제작된 Brilliant b를 사용하였다. 본 장치의 반복율은 10 Hz, 펄스에너지는 각각 1064 nm에서 850, 532 nm에서 420 및 355 nm에서 190 mJ/pulse 이다. Beam 직경은 8 mm, 펄스폭은 5.0 ns 이다.

성능시험은 10 cm X 10cm X 0.1 cm 크기의 Type 304 stainless steel을 사용하였다.

2.2 제염시스템 개요

광 용발 제염 시스템은 크게 제염장치, 원격 제어장치, 컴퓨터로 구성된다. 제염장치는 레이저 발생장치, 파장 변경장치(harmonic generation), 레이저 전송장치와 레이저 노즐로 구성된다. 원격 제어장치는 광전송 장치의 레이저 노즐 지지대,

지지대 이송테이블, 정밀제어를 위한 servo motor 등으로 이루어져 있다.

2.3 실험 결과

2.3.1 레이저 노즐 지지대

광용발 제염시스템의 레이저 토치 지지대 사진을 그림 1에 나타내었다. 원격 제어 장치의 레이저 노즐 지지대는 광전송 장치 (articulate arm optics)의 노즐을 지지하며 이동시키는 장치이다. 보조 기체를 통과시키기 위한 호스는 노즐 부에 부착되어 있으며 광용발에 의해 발생된 제염 생성물 포집 라인도 노즐의 지지부인 레이저 토치에 연결되어 있다.

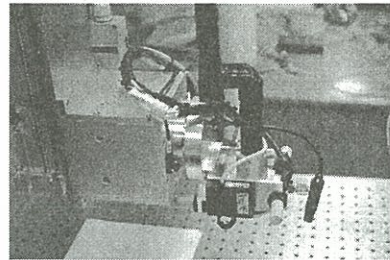


Fig. 1. Laser torch fixing equipment.

2.3.2 위치 이동

정밀 원격 거리 제어(z 방향 제어)를 위한 개요도를 그림 2에 도시하였다. 별도 레이저 센서에 의한 거리 측정을 통해 얻은 신호는 데이터 수집 장치를 통해 amplifier 에 도달되며 증폭된 신호는 A/D convertor를 지나 PID (process control for industry) 제어 장치를 통해 서보 모터로 전달된다. 이 servo motor는 0.1 mm/sec 의 정밀도로 시편과 노즐 사이의 거리를 6 cm 로 유지시키는 역할을 한다. 레이저 노즐 지지대의 토치는 노즐을 3차원으로 움직이게 해주며 90° 범위 내에서 회전이 가능하다. 평면 이동 (X,Y축 방향 제어)은 LN (linear motion) 가이드에 의해 이루어지며 서보 모터에 의해 운전된다. 최대 이동속

도는 8 mm/sec이며 실험대 위에서 50 cm X 50 cm 의 거리를 이동할 수 있도록 제작되었으며 원하는 경로를 지정하면 지정된 경로를 따라 토치가 이동 된다.

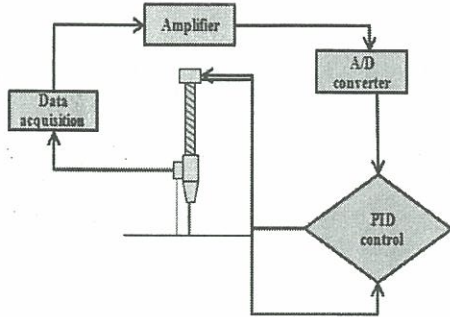


Fig. 2. Schematic diagram for the precision remote distance control

2.3.3 원격 제어 입력 창

변수 입력창에 대한 사진을 그림 3에 도시하였다. 입력창은 axis communication port (X, Y, Z 및 회전), 거리 측정 communication port (레이저 센서 왼쪽, 오른쪽 2개), jog mode, 축 변수 입력 모드, 속도 입력 창, 자동 변수 입력창, 토치의 속도 측정값을 보여주는 창 및 레이저 센서 활성화 창으로 구성된다.

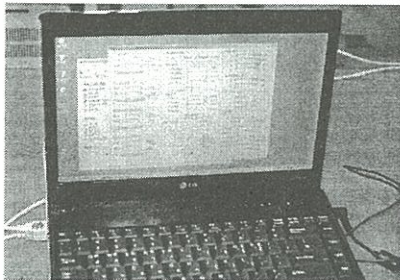


Fig. 3. Input parameter window for the operation of the fabricated remote laser decontamination system

2.3.4 성능 시험

제작된 원격 제어장치의 성능 실험은 세 종류 시편을 사용하였다 (3차원, 평면 및 벽면 모사 시편). Type 304 stainless steel 평면 시편에 적용시킨 결과를 그림 4에 나타내었다. 시편 표면의

오염물은 레이저 빔에 의해 선명하게 제거됨을 보여준다.

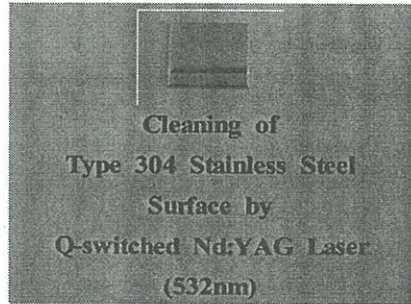


Fig. 4. Photograph showing the cleaning of surface by the fabricated remote control light ablation decontamination system

3. 결론

고 방사선 장에서의 적용을 위해, 광 용발 제염 공정의 원격제어를 위한 연구가 수행되었다. 본 원격 제어에 의한 광용발 제염공정은 작업자 피폭을 최소한으로 줄인 가운데 적용할 수 있는 효과적인 기술임을 확인하였다. 외관을 단순화하고 보다 정밀하게 조절된 상태로 제염이 가능하도록 이 시스템에 대한 개선 연구가 수행 중이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발 중장기 연구사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] H. J. Won, B. Byambatseren, J. K. Moon, C. H. Jung and K. W. Lee, "A Comparative Study on the Laser Removal of Cs⁺ Ion from Type 304 Stainless Steel", *Korean J. Chem. Eng.*, Vol. 27, No. 6(2010).