

## Fiber laser를 이용한 조사시험 연료봉의 핀 용접

이민숙, 이철용, 김수성, 주기남  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045  
[lms85@kaeri.re.kr](mailto:lms85@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

연구용 원자로인 하나로 에서는 핵연료 성능 시험을 위해 캡슐을 사용하여 조사시험을 수행하고 있다. 조사시험 연료봉 내에는 헬륨(He) 가스를 채워 넣기 위해 직경 1mm의 구멍을 뚫어 놓는다. 헬륨가스를 가득 채워 넣은 후에는 핀을 꽂은 후 용접을 통해 밀봉해야 하는데, 이를 위해서는 진공/압력 챔버와 용접기가 필요하다. 기존에는 TIG (Tungsten Inert Gas) 용접 방식을 사용하였으나 TIG 방식은 높은 출력을 요구하는 용접방식으로 고출력으로 인해 비드가 커지고, 따라서 열영향부 (Heat-affected zone, HAZ)도 커지는 단점을 가지고 있다<sup>[1]</sup>. 그리하여 최근에는 작은 입열량, 작은 열영향부, 최소한의 변형 등의 장점을 가진 레이저 용접 방식을 여러 산업분야에서 사용하고 있다. 이번에 한국원자력연구원에서는 Fiber laser를 이용한 용접 챔버를 개발하였기에 Fiber laser를 이용한 핀 용접 실험을 수행하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험방법

본 용접 시편은 그림 1에서와 같이 직경 1mm의 구멍에 핀을 끼움방식으로 구성되었다. 그림 2는 실험에 사용된 압력/진공 용접 챔버로 최대압력이 150 bar이며 최대 진공도는  $5 \times 10^{-2}$  이하이다. 본 실험에 사용한 레이저는 그림 3에서와 같이 IPG사의 150W급 pulse형 Fiber 레이저이며 모델은 YLR-150/1500-QCW-AC 이다<sup>[2]</sup>. 핀 용접 후 시편은 Diamond 절단하여 Mounting, Grinding, Polishing 하여 광학 현미경으로 용접부의 조직을 관찰하였다.

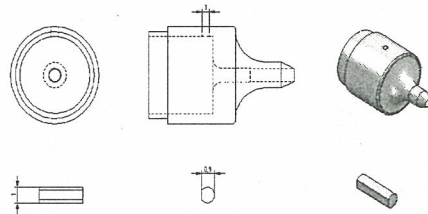


Fig. 1. Configuration of the pin-hole specimen.

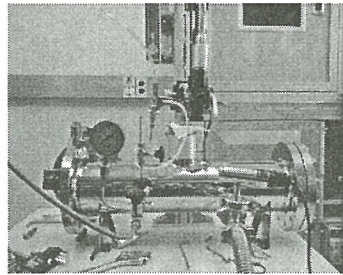


Fig. 2. Pressure/Vacuum Chamber for Pin-Hole Welding.

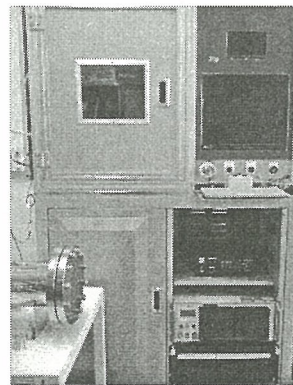


Fig. 3. 150W Fiber Laser Welding System.

#### 2.2 실험결과

본 실험은 진공도  $5 \times 10^{-2}$ , 압력 25 bar에서 수행하였다. 그림 4는 핀 용접 전, 후 사진으로

직경 1mm의 구멍에 핀을 낀 후 핀 주위를 4회 스팟(spot) 용접한 모습이다. Pulse width를 10ms (peak power=1.5kw), 20ms (peak power=0.75kw)로 변경하며 실험하였다. 그림 5는 광학 현미경으로 핀 용접부의 조직을 관찰한 모습으로 Pulse width가 20ms인 것이 10ms인 것보다 더 넓은 비드(bead)폭을 가지고 있지만 용입 깊이는 더 얇음을 보여준다. 용입 깊이는 대략 0.2 - 0.3 mm 이다.

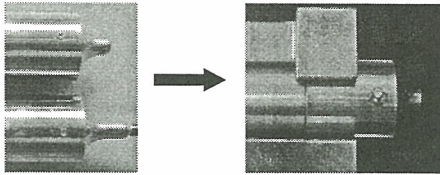


Fig. 4. Pin-hole Weldings. (Left : Before, Right : After)

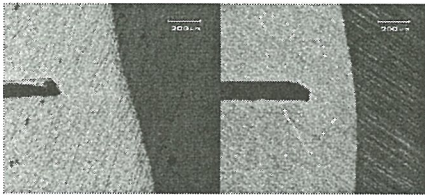


Fig. 5. Optical Micrographs of Pin-hole Welding. (Left : pulse width 10ms, Right : 20ms)

### 3. 결론

위에 그림 5에서 보이듯이 진공도  $5 \times 10^{-2}$ , 압력 25 bar에서의 Pulse width 10ms로 최대 0.3mm의 용입 깊이를 보이며 핀 용접은 양호하게 수행된 것을 확인할 수 있다. 그러나 깊은 용입 깊이를 위한 추가적인 실험이 필요하다. 용입 깊이를 깊게 하기 위해 용접 스팟의 개수를 늘리고 peak power를 높여 용접하는 등의 추가 실험을 진행할 것이다. 또한 용입 깊이는 챔버 내부 앞력이 증가하면 그에 따라 깊이도 깊어지므로 챔버 내부의 압력을 높여 실험해 보는 방법도 고려해 볼만한 것이다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부에서 주관하는 원자

력기술개발 사업의 일환으로 수행하였습니다.

### 5. 참고문헌

- [1] Soo-Sung Kim et al., 원자력학회, 2005년 춘계학술발표회, unpublished.
- [2] S.S. Kim et al., “LVDT 제조용 파이버 레이저 용접장치 개발”, KAERI/TR-4187, 2010.