

원자력 시설 해체를 위한 광섬유 레이저 절단 시스템 설계변수 고찰

오승용*, 김택수, 박현민, 이림, 신재성, 정진만, 선상우, 최병선, 문제권, 정도영
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*syoh73@kaeri.re.kr

1. 서론

레이저 절단 기술을 원자력시설물 해체 공정에 적용하기 위한 노력은 2000년대 이전부터 시작되었으며[1], 2000년대 이후 원거리 전송이 가능한 고출력 파이버(fiber) 레이저가 상용화되면서 레이저 절단 기술은 우수한 절단 성능과 원격 조작성을 보유한 미래 해체기술로 부각되어 왔다. 이미 프랑스, 일본, 영국 등의 원자력선진국에서는 이를 원전 해체 현장에 적용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 레이저 절단 기술은 직경 1 mm 정도에 집광된 레이저 빔을 열원으로 재료의 국소부분을 녹는점이상으로 가열하여 발생된 용융물 제거를 통하여 재료를 절단하는 기술을 말하며, 용융물 제거는 질소, 압축 공기 등의 보조가스를 초음속으로 유체상태의 용융 재료에 분출시켜 기계적인 힘으로 용융물을 재료바깥으로 밀어내는 과정을 통하여 이루어진다[2,3,4]. Fig. 1은 레이저 절단 공정을 나타낸다. 레이저 빔은 광섬유를 통한 전송이 가능하므로 원격 조작도가 우수하여 원전 해체시 요구되는 작업자 안전성 확보 측면에서 다른 해체기술과 비교하여 월등한 장점이 있으며, 또한 국소 가공성이 뛰어나, 해체시 발생하는 이차 폐기물이 적은 특징이 있다. 본 연구팀에서는 원자력시설물 해체 기술 개발의 일환으로 당해년도에 6 kW급 고출력 파이버레이저를 기반으로 하는 금속 절단 시스템을 구축할 계획이며, 본 논문을 통하여 시스템을 설명하고자 한다.

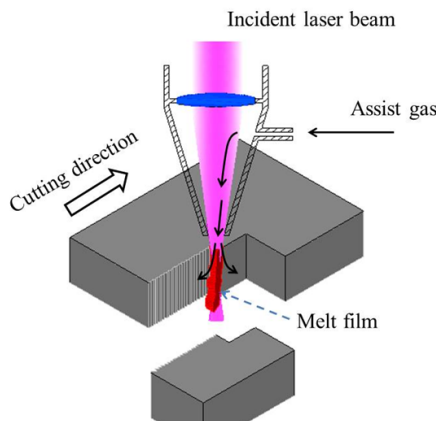


Fig. 1. Laser Cutting Process.

2. 본론

2.1 실험 장치

Fig. 2는 레이저 절단 시스템을 나타내며, 시스템은 크게 고출력 파이버레이저 장비와 절단헤드가 결합된 3축 스테이지 장치로 구성된다. 본 연구에 사용될 레이저는 최대출력이 6 kW인 연속발전 파이버레이저(IPG, YLS 6000)이며, 레이저 빔은 본체와 직접 연결된 피딩 파이버(feeding fiber)를 통해 전송이 시작된다. 광섬유 결합기(Optical Fiber Coupler)는 구경이 50 μm 인 피딩파이버와 구경이 100 μm 인 공정파이버(Process Fiber) 사이를 연결해주는 기능을 수행하며, 25 m 길이의 공정파이버는 헤드에 연결되어 원거리 빔 전송 기능을 한다. 레이저 절단헤드는 콜리메이션 렌즈와 포물경, 반사경 등을 포함한 광학계와 헤드 하부에는 노즐이 결합되어 있다. 광학계는 레이저 빔을 절단 대상물에 집광하는 기능을 수행하며, 노즐을 따라 전송되도록 고안되었다. 노즐 측면부에는 보조가스 유입용 포트가 연결되어 있어서, 고압의 보조가스가 효과적으로 용융 금속에 분출되도록 제작되었다. 레이저 절단 시에 많은 양의 분진이 발생하며, 이들 분진들은 일부 유독성의 물질들을 포함하고 있어서, 덕트 관을 절단 대상물 근처에 설치하여, 집진기 내 필터를 통해 실외로 배기하도록 하였다.

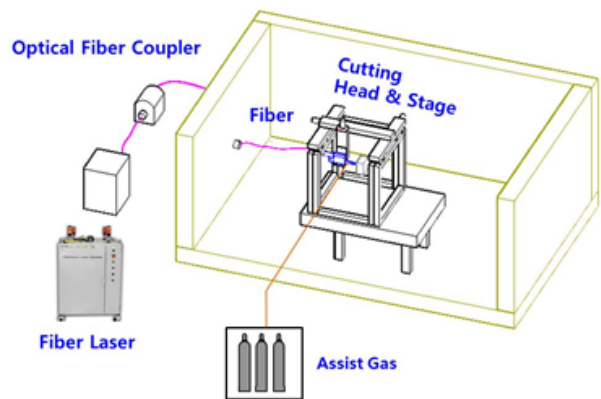


Fig. 2. Laser Cutting System.

2.2 절단 대상물

원자력 시설물에서 대형 금속 구조물로는 열교환기, 습분분리기, 증기발생기 등이 있으며 이들 장치 대부분은 탄소강(carbon steel), 스테인리스강(stainless steel) 및 인코넬(inconel) 등의 합금으로 제작되어 있다.[5] 본 연구에서는 100 mm 이상의 두께를 가진 스테인리스강, 탄소강 순으로 절단 실험을 수행할 계획이다.

3. 결론

레이저 절단 기법을 적용한 원자력시설물 해체 기술은 미래 유망한 기술로 평가받고 있지만, 이를 현장에 적용하기 위해서는 많은 연구가 필요하다. 일차적으로는 100 mm 이상의 금속 후판을 절단할 수 있는 절단 헤드를 설계하고, 레이저 광학계, 금속물성, 용융물 제거에 사용되는 보조가스 등과 같은 설계변수를 최적화하기 위한 다양한 실험을 수행할 계획이다.

4. 참고문헌

- [1] C.Chagnot, G. de Dinechin, G. Ganneau, "Cutting performances with new industrial continuous wave Nd:Yag high power lasers for dismantling of former nuclear workshops, the performances of recently introduced high power continuous wave Nd:Yag lasers are assessed", Nucl. Eng. Des., 2604-2613 (2010).
- [2] Steen WM, Mazumder J, "Laser Material Processing.", Springer, London (2010).
- [3] Sun S, Brandt M, "Laser beam machining. In: Davim JP(ed) Nontraditional machining processes", Springer, Berlin, (2013).
- [4] C. Wandera, V. Kujanpaa, A. Salminen, "Laser power requirement for cutting of thick-section steel and effects of processing parameters on mild steel cut quality", Proc. ImechE Part B: J. Engineering Manufacture, Vol. 225, 651-660 (2010).
- [5] 문제권, "원자력시설 제염해체 기술 개발 현황", 원자력 산업, 2012년 7,8월호, 34 (2012).