

Nd:YAG레이저를 중심으로 한 산업용 레이저의 현황과 활용

Present situations and applications of industrial lasers in terms of Nd:YAG laser

김 정 목

(주)한빛레이저

jmkim@hblaser.co.kr

오늘날 레이저는 수많은 종류가 등장하였으며 출력개선은 물론 장치의 규모도 나날이 compact하게 발전하였다. 또한 그 활용성도 대단히 증가하여 의료, 과학, 군사분야를 시작으로 1990년에 이르면서 산업 전 분야에 파급되어 원자력, 전기 / 전자, 자동차, 반도체 등 주요산업의 제품수준을 향상시키는 핵심 기술로 이용되고 있다. 레이저는 이와 같이 새로운 생산도구로서 위치를 확립 시키면서 산업분야의 다양성과 함께 가공산업에서 요구되는 레이저 관련 기술도 다양하게 진보하고 있는 추세이다. 또한 레이저의 고출력화, 초정밀화, intelligent화와 더불어 산업사회의 질적 향상과 직결되는 레이저를 포함한 주변기기의 자동화 기술의 발전도 괄목할만한 성장을 거두고 있다.

현재 산업사회 전반에 걸쳐 널리 적용되고 있는 산업용 레이저로는 CO₂ 레이저와 Nd:YAG 레이저가 주를 이루고 있으며, 여기에 Excimer 레이저, Fiber 전송형 다이오드 레이저, 그리고 Fiber 레이저 등의 적용을 고려 할 수 있다.

대표적인 산업용 레이저로서 그 자리매김을 확실히 하고 있는 CO₂ 레이저는 후판의 절단(2D) 및 용접에서 70년대부터 지금까지 그 역할을 담당하고 있으며, 고출력화를 통한 중공업 분야에서의 적용도 활발히 진행중이다. 또한 RF방식의 저출력 CO₂ 레이저는 cardboard나 polymer 또는 목재등 비금속재료의 마킹, 절단 등의 가공에서 우수한 특성을 보이고 있어 유용하게 적용되고 있다.

가공물 중 준비선형(Semi-Non Linear) 및 비선형(Non Linear)용접 및 절단 가공물의 증가로 광섬유를 통한 빔전송이 가능한 고출력의 Nd:YAG 레이저의 응용사례도 증가하고 있는 추세이다. 80년대에 접어들어 고출력의 Nd:YAG 레이저가 출시됨에 따라 복잡한 형상의 가공물의 많은 영역에 Nd:YAG 레이저가 적용되기 시작하였다. 자동차나 기계분야를 포함한 대부분의 산업 분야에서도 고출력의 Nd:YAG 레이저가 산업용 레이저의 표준으로서 자리매김을 하게 되었다. Nd:YAG 레이저는 활성매질이 기계적, 열적, 광학적, 화학적으로 뛰어난 결정이기 때문에 높은 출력레벨의 동작 구현이 가능하며, 발생된 출력이 광섬유로 전송될 수 있기 때문에 다른 종류의 레이저에 비해 가공작업에서의 높은 생산 효율을 기대할 수 있다. 또한 유지보수 비용이 경제적이고 높은 침투출력 구현이 가능하다는 우수한 특성을 가지고 있다.

90년대에 접어들면서 본격적인 DPSSL의 개발이 이루어짐과 동시에 Nd:YAG의 2nd, 3rd, 4th harmonic 레이저가 등장하면서 레이저에 의한 초미세 가공 기술도 진보하게 된다. 이후 반도체 레이저의 제작공정기술이 개선됨에 따라서 다양한 파장과 넓은 출력범위를 가지며 좋은 효율을 가진 레이저가 생산되고 있다. 2nd, 3rd, 4th harmonic 레이저는 여기소자로 808nm의 레이저 다이오드 소자를 사용하며 고효율, 고품질 빔의 발생이 가능하고 시스템의 체적이 소형이며 유지비용도 저렴한 편이다. 이러한 레이저는 주로 marking과 engraving, micro-machining 등의 정밀 가공용으로 많이 사용되고 있다.

레이저 다이오드에서 발생된 빔을 광섬유로 전송시키는 기술이 개발됨으로써 fiber coupled LD가 등장하여, 알루미늄 가공시장과 같은 특수분야에서 많은 주목을 받고 있다. 이러한 다이오드 레이저는 현대산업에서 요구하는 금속재료의 이용성향 즉 경금속 재료의 가공에 매우 유용하다. 대표적인 경금속으로 알루미늄합금과 마그네슘합금을 들 수 있는데 이중 알루미늄 금속의 레이저빔 흡수율은 800nm 부근에서 높은 피크값을 가진다. 이러한 특성을 이용하여 주용접열원으로 Nd:YAG 레이저를 보조 용접열원으로 다이오드 레이저를 사용하여 금속의 재료학적 특성을 이용한 용접법도 개발되어 연구중이다. 산업용으로 개발된 레이저 다이오드는 808nm/940nm/980nm 계열이 주류를 이루고 있으며, 이들은 200~1500 μ m (2400W CW type) 크기의 광섬유 결합형 제품도 있다. 주로 사용되는 분야는 DPSSL의 여기용이나 알루미늄 용접분야, 금속표면처리, 플라스틱의 용접 그리고 의료용으로 사용되기도 하는데, 반도체공정기술 발전에 더불어 레이저의 성능 개선과 다양한 응용분야의 개척이 함께 이루어지고 있다.

반도체 분야의 리소그래피 공정 등에 절대적인 우위를 가지고 있는 KrF의 Excimer 레이저는 미세가공에 적합하며, ArF의 Excimer 레이저 또한 안과 수술용 장비로도 좋은 결과를 나타내어 의료용으로서의 위치도 확고히 하고 있다. 이외에도 XeCl의 Excimer 레이저도 a-Si annealing 과 cleaning 공정등에 주로 활용되고 있다.

최근 그 성장을 주목할만한 레이저로는 광섬유 자체에서 레이저가 발생하는 Fiber 레이저가 있다. 이 레이저는 다양한 파장대의 고출력 싱글모드 빔 발생이 가능하므로 기존의 산업용 레이저가 적용되고 있던 상당부분에서 검토되고 있으며, 높은 전기효율, 화이버 전송, 높은 안정도 등에 기인하여 개발 이래 사용이 급격히 증가하고 있다. Fiber 레이저의 응용범위는 용접, 절단등 기존의 산업용 레이저가 수행해 오고 있던 영역 이외에도 항공 산업에서의 장해물 경고, 3D 광레이더 등과 환경 및 대기 데이터 측정, 교통량측정, 속도제어등 다양하다. 그러나 아직까지 장비가격이 고가인 점등이 사용범위 확대에 제한 사항으로 작용한다.

지금까지 산업용 레이저들의 개발동향 및 활용에 대해 알아보았다. 이를 종합적으로 정리해보면 먼저 lamp pumped Nd:YAG 레이저는 고효율의 compact한 구조와 고출력 레이저 개발에 중점을 두고 있으며, CO₂ 레이저는 고출력 레이저로 생산성 향상에 중점을 두고 있다. 그리고 DPSSL은 2nd, 3rd, 4th harmonic 레이저의 개발 등 단파장, High beam quality 레이저개발에 중점을 두고 있으며, 기타의 UV 레이저나 femto second 레이저 등 초미세 가공용 레이저 개발 및 응용기술 확립에도 많은 관심이 주어지고 있다. 또한 fiber coupled 다이오드 레이저도 용접 및 열처리 분야에서 우수한 적용성을 나타내므로 많은 주목을 받고 있고, 고품질의 싱글모드 빔을 사용하는 Fiber 레이저도 높은 출력특성과 우수한 전기효율등의 특성에 기인하여 산업사회 전반에 걸쳐 그 영역확대를 노리고 있다.

현재의 산업용 레이저는 다양한 형태의 레이저가 존재하지만 이를 이용한 산업사회 전반에 걸친 사용영역 확대를 위해서는 레이저 발생장치, 레이저 빔 전송장치, 가공기술등의 다양한 기술력이 조합되어야 가능해진다. 하지만 국내의 산업용 레이저 생산시장과 생산기술을 살펴보면 산업분야에서 필요로 하는 다양한 제품 및 성능에는 미치지 못하고 있는 것이 현실이다. 이런 차원에서 볼 때 국내 레이저 개발 및 응용기술을 확보하기 위해서는 레이저관련 전문인력의 확보와 레이저 개발에 대한 지속적인 연구개발이 선행되어야 한다.