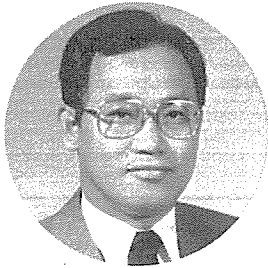


레이저 産業에서의 利用 및 展望

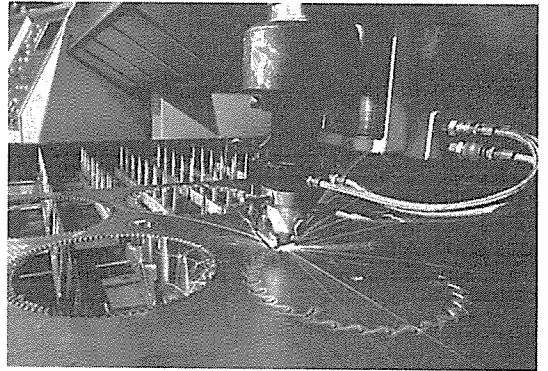
騒音·公害없는  
省에너지  
加工道具



姜 榮 國

〈大宇중공업技術연구소장〉

1960년 미국의 Hughes 연구소 실험실에서 루비 레이저가 Maiman에 의하여 처음 발명된 이래 탄산가스 레이저등 여러가지 종류의 새로운 레이저들이 속속 개발되어지면서, 레이저는 이제 대학이나 연구소의 실험실 안에서 뿐만 아니라 우리 일상생활에 윤택함을 가져다 주는 과학문명의 이기로서, 그리고 산업현장에서 없어서는 안될 중요한 생산도구로서 변모해 가고 있다. 레이저에 의한 재료가공 현황만을 보더라도 미국의 경우 현재 약 6000대, 일본의 경우 약 2500대의 레이저 가공기가 용접, 절단, 열처리, 반도체 가공등 여러가지 생산 현장에 직접 투입되어 가공중에 있다.



레이저의 이러한 산업적 응용분야는 1984년 약 20억불 상당의 거대한 세계시장을 형성했는데 이 시장규모는 매년 40%이상의 고도성장율을 앞으로 계속 유지할 것으로 전망되어지고 있다. 우리나라에서도 작년 6월 대우중공업(주) 기술연구소에서 국책 연구과제로 1KW급 탄산가스 레이저 가공기 개발을 자체기술진에 의하여 성공시킴으로써 국산 레이저 가공기 시대의 문이 열리게 되었고, 한편 레이저의 산업적 응용에 관한 기술 심포지움과 전시회가 작년 9월 국내 최초로 개최됨으로써 레이저에 관한 국내 학계 및 산업계의 관심이 점차 고조되어져 가고 있다.

◇ 레이저의 특성

레이저광이 우리 주변에서 크게 각광을 받게 된 것은 다른 일반 광원이 갖지 못한 몇 가지 특성을 지니고 있기 때문이다. 예를 들면 레이저광은 태양빛에 비교할 때 그 강도가 태양 광선의 수 10만배에 달할 수 있어서 철판이나 다이아몬드까지도 녹히거나 증발시킬 수가 있다. 이것은 레이저 광만이 가지고 있는 중요한 특징중의 하나로서 레이저 광의 특성을 요약하면, 첫째, 레이저 발생장치는 보통의 TV, Radio의 전파와 같이 균일한 위상을 가진 광을 발생시키므로 전문 용어로는 레이저 광을 "Coherent 광"이라고 부른다. 따라서 백열등이나 태양 빛과는 달리 레이저 광은 먼거리를 진행하더라도

빛의 파동적 성질이 균일하게 유지될 수 있으며 이러한 성질을 이용해서 간섭을 이용한 초정밀 계측이 가능하게 된다.

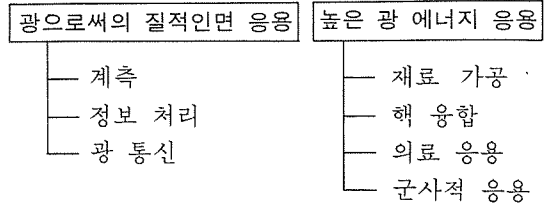
둘째, 레이저 광은 이상적인 순수 색깔을 지닌 단일 파장의 빛으로서 이러한 특성을 빛의 단색성이라고 부른다. 흔히 디스코장등에서 많이 볼 수 있는 레이저 조명장치는 레이저 광의 이러한 성질을 이용한 것이다.

셋째, 레이저광은 지향성이 좋다. 즉 일반광원에서 발생된 빛은 사방으로 퍼지게 되어 평행광선을 얻기 힘들지만 레이저 광은 퍼지지 않고 한 방향으로만 진행하기 때문에 쉽게 집중될 수 있고 집중된 후 초점의 크기도 매우 작게 할 수 있어서 높은 에너지를 한 곳에 집중시키는 것이 가능하게 된다. 뿐만 아니라 지구에서 달까지 레이저 광선을 보내더라도 빛이 거의 퍼지지 않으므로 광선이 그대로 달까지 왕복할 수 있어서 이 빛의 왕복시간을 잴으로써 지구와 달 사이의 거리를 정확히 측정할 수도 있다.

이상과 같은 독특한 성질로 인해 레이저는 실 생활과 여러 산업분야에 많이 쓰여지게 되

었고, 이때 응용되는 성질을 크게 분류하면 <그림-1>에 나타난 바와 같다.

<그림-1> 레이저 응용 분야

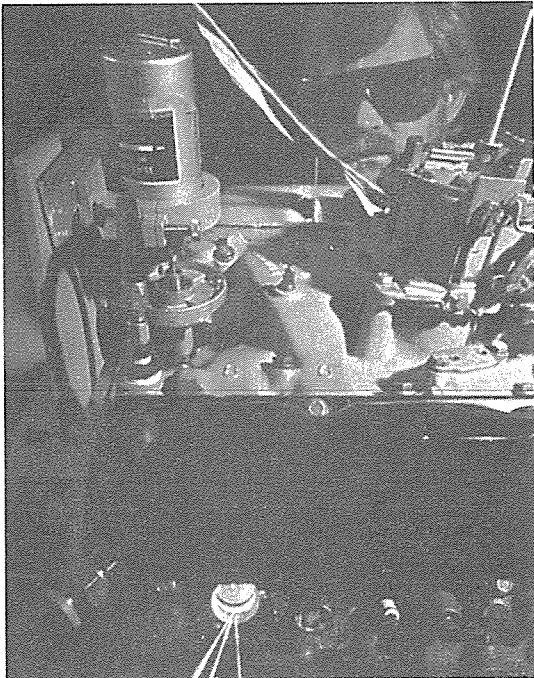


일반적으로 광으로써의 질적인 면을 이용하는 분야는 mW (밀리와트)급의 낮은 출력의 레이저를 사용하며 따라서 <그림-1>에 나타난 여러 응용 분야의 분류는 저출력 레이저와 고출력 레이저의 응용으로 생각할 수도 있겠다.

고출력 레이저의 이용 분야중 산업분야와 가장 밀접히 연관을 가진 것이 재료 가공이며, 또한 저출력 레이저의 경우는 계측이라고 말할 수 있다. 따라서 산업적 레이저의 응용중 대표적 두 분야인 가공과 계측에 대해서 좀 더 자세히 설명하기로 한다.

### ◇레이저 가공

1966년 웨스턴 일렉트릭사에서는 아주 가는 전선을 만드는데 사용되는 다이아몬드로 만든 다이에 직경 0.2mm의 구멍을 뚫는데 Ruby 레이저를 이용하였다. 이것이 레이저 가공의 시초라 생각된다. 이후 주로 Ruby 레이저 광을 현미경의 대물렌즈로 집중시켜 알루미늄이나 얇은 철판의 구멍가공이 행해졌으나 그 당시만 해도 레이저 발생장치의 안정화, 고출력화 및 양산기술이 미흡했던 관계로 많은 주목은 끌지를 못하였다. 그러나 70년대 초반에 CO<sub>2</sub> 레이저 고출력화에 성공하고 CO<sub>2</sub> 레이저 발생장치의 양산이 가능케 됨에 따라 급속히 전개된 레이저 가공기술은 80년대 이후 CO<sub>2</sub> 레이저, Nd ; YAG 레이저 등을 주로 이용하여 각종 소재의 절단, 열처리, 마킹, 식각 등의 가공 분야



에 적용되기에 이르렀다. 그러면 레이저가공의 기본원리를 살펴보기로 한다.

레이저 가공은 열을 이용한 가공중의 하나이므로, 레이저 광을 렌즈에 의해 집속시켜 가공 부위에 높은 에너지를 전달하여야 한다. 예를 들면, 1KW의 CO<sub>2</sub> 레이저 광을 직경 0.1mm 크기의 면적에 집속시키면 쉽게 10<sup>7</sup>w/cm<sup>2</sup> 정도의 높은 파워 밀도를 얻을 수 있으며 이때 전달된 파워는 가공물을 급속히 가열시켜 증발되거나 용융상태에 이르게 할 수 있다. 이 경우 레이저 광의 조사 시간과 가공물의 종류등 가공조건에 변화로써 절단, 용접, 열처리등이 가능하게 된다. 레이저 가공의 특징을 열거하면 다음과 같다.

가. 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup>W/cm<sup>2</sup>의 높은 파워밀도로서 높은 용점을 갖거나 기화 온도가 매우 높은 재료의 가공이 가능하다.

나. 비접촉 가공으로서 가공시 가해지는 물리적 힘이 없으므로 가공물의 변형이나 Tool의 마모등이 없다.

다. 높은 파워를 이용하여 순간적으로 가공이 행해지므로 종래의 가공법에 비해 열변형이 적으며 또한 매우 빠른 속도로 가공이 가능하다. 예를 들면 가구에 사용되는 나무제품의 경우 종래의 전기톱으로 10시간 걸리는 작업이 500W 레이저를 이용하면 20분 이내에 완료될 수 있다.

라. 매우 작은 부위에 집중적으로 에너지가 전달되므로 정밀한 가공이 가능하다. 철판 절단의 경우 산소 절단이나 Plasma 절단은 절단 폭이 수 mm 이상이나 레이저 절단의 경우 0.1mm 정도의 고정도로 가공이 가능하다.

마. 열에 의한 가공이고 에너지가 레이저 광에 의해 직접 전달되므로 레이저 광을 흡수하는 모든 재료의 가공이 가능하다.

상기와 같은 여러가지 특징 때문에 철판, 세라믹스, 종이, 아크릴, 목재등의 다양한 재료의 가공에 레이저가 사용되고 있으며 최근에는 반도체의 제작 공정에도 사용되기 시작하였다. 뿐만 아니라 종래의 가공방법으로는 전혀 불가능

하다고 생각되었던 것도 레이저를 이용함으로써 가능케 되었는데 한 예를 들면 다음과 같다. 현재 판매되고 있는 담배의 필터 부분을 자세히 살펴보면 표면을 감싸고 있는 종이에 매우 작은 구멍이 많이 뚫려 있는 것을 알 수 있다. 이 구멍은 공기의 흡입구로서 담배맛을 내는데 매우 중요한 역할을 하는데, 직경 0.2-0.3mm의 매우 작은 형태로 종래의 가공 방법으로는 구멍의 막힘 없이 균일하게, 1시간에 1억개 이상의 구멍가공은 불가능한 것으로 생각되어 왔다. 그러나 레이저 가공의 고속성과 정밀성을 최대한 이용하여, 300W급의 CO<sub>2</sub> 레이저를 주기적으로 ON/OFF 시키면서 필터 종이를 분당 300-500m 정도의 속도로 이동시켜서 매우 정확히, 1시간에 1억개 이상의 구멍을 뚫을 수 있었다. 그래서 현재 외국의 담배 제조회사에서는 40대 이상의 레이저 구멍 가공기를 사용하고 있다.

〈표-1〉 생산성 향상의 예

예	대	상	Laser Type	소 요 시 간	
				Laser이용	종전방법
절단		자동차용동판(1t)	CO <sub>2</sub>	1분/m	20분/m
		양복지	CO <sub>2</sub>	50착/hr	10착/hr
		스텐레스강판(1.2t)	CO <sub>2</sub>	3분/m	15분/m
용접		원통형 납전지	CO <sub>2</sub>	6min/개	60min/개
		자동차 body	CO <sub>2</sub>	1대/min	1대/hr
표면처리		자동차용 Piston-Ring	CO <sub>2</sub>	50 초	35분

용접의 경우에도 이러한 예는 많이 있다. 종래의 용접 방법으로 얻어지지 못하던 강도를 레이저 용접으로 해결한 경우나, 서로 다른 금속의 용접, 금속과 세라믹의 용접등은 레이저를 이용하지 않으면 불가능한 경우에 해당된다.

한편 레이저의 이용이 산업분야에 확대되고 있는 이유중의 하나는 레이저를 이용함으로써 획기적인 생산성 향상과 생산비 절감효과를 얻을 수 있기 때문이다. 이러한 생산성 향상과 생산비 절감은 레이저 가공의 특징인 고속성과 고정밀성에 기인하는 것으로서 고속성에 의한

가공시간 단축, 고정밀성에 의한 원자재 Loss 부분의 감소, 레이저 가공장치의 저렴한 운영비 등이 주된 이유라 하겠다. <표-1>과 <표-2>에 여러가지 가공분야에 있어 종래의 가공에 대한 레이저 가공의 효과를 정리하였다.

<표-2> 생산비절감의 예

예	대	상	Laser Type	소 요 비 용	
				Laser이용	종전방법
구멍	전자회로기관		CO <sub>2</sub>	0.02cents	1cent /
가공	소자 삽입구멍			구멍	구멍
절단	자동차용 강판		CO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	종래의1/17	1
	항공기용 재료			1man-hr	180man-hr
용접	전화기용 소형릴레이		YAG	0.45cent/개	0.64cent/개 1년제 작개수: 10'개
	점접 Sport 용접				
표면	자동차용 power steering gear housing		CO <sub>2</sub>	종래비용의1/10후 가공불필요	열처리

우리나라에서도 전자관련 산업체에서 TV 브라운관용 전자총 부품의 용접이라든가 가정용 전자제품의 판넬 절단, 엘리베이터등의 샷시 절단등에 레이저 가공을 적용하여 큰 효과를 보고 있으며, 자동차 생산업체에서도 최근 시제품 개발비의 감소와 개발 소요기간 단축을 위해 레이저 절단, 용접기를 설치하여 사용할 계획으로 있다. 대우중공업의 경우 1981년부터 레이저 가공기 개발에 착수하여 이미 지난해에 레이저 절단기를 국내·외에 선보여 각 업체로부터 상당한 호평을 받고 수주 제작 및 판매중에 있으며 금년에는 레이저 용접기와 초당 20 개 이상의 문자를 마킹할 수 있는 고속 레이저 마킹기를 선보일 계획이다.

◇ 레이저계측

저출력 레이저가 처음으로 산업에 이용된 곳은 계측 분야로써 터널 굴착용 레이저 조준기였다. 이 조준기는 레이저 광의 직진성과 쉽게 식별될 수 있는 밝은 색을 갖고 있다는 특성을 이용함으로써 터널의 굴착위치와 굴착방향등을

정확하게 알아낼 수 있었다. 그때까지 사용되어 오던 Transit에 의한 굴착위치 확인법은 매우 불편하였으므로, 이러한 레이저 조준기의 출현은 수명과 구조적 문제로 인해 효과적이지 못했음에도 불구하고 사람들에게 대단한 충격과 신비감을 주었다.

그뒤 저출력 발전기의 내구성 및 신뢰성이 증가되면서 He-Ne(헬륨-네온)레이저 등은 측량용으로서 충분히 만족할만한 제품이 되었고, 지하철이나 상수도 등의 건설에 사용되는것 뿐만 아니라 교육용, 계측용으로도 널리 쓰이게 되었다.

오늘날에는 레이저를 이렇게 Guide로 사용하는 계측기 이외에도 레이저빔을 형상변화(S-canning)시키거나, 레이저의 본래 특성인 간섭과 회절의 현상을 이용하는 계측기까지 개발되어 많은 산업분야에서 사용하게 되었다.

이러한 각종 레이저 계측기는 레이저 광의 독특한 성질인 균일성, 단색성, 지향성과 함께 광의 특성인 회절 및 간섭등의 성질을 이용하여 만들어진 것이다. 예로서 길이 측정 및 거리측정에 쓰이는 레이저 계측기는 방출된 레이저광선이 다시 되돌아오는 시간을 측정하여 길이와 거리를 구하게 되는데, 토목공사에서 사용되는 거리측정기를 비롯하여 공장내의 거리측정을 위한 비 접촉 On-Line계측기, 광학 변위계, 레이저 마이크로 등이 이 범주에 속한다.

한편 각도, 평면도 및 진직도등도 레이저를 이용하여 측정할 수 있는데, 이것은 레이저 광을 빔 분할기(Beam Splitter)혹은 특수 프리즘을 써서 분리시킨 후에 다시 모을때 생기는 간섭효과를 이용하는 것이다.

이러한 레이저 측정기는 공장내에서 기계가공 오차 분석이나 축의 진직도, 정반의 평면도 측정을 비롯하여 표면응력, 표면검사, 자동결정 조사등 많은 분야에 이용된다. 진동이나 속도 측정에도 레이저는 사용되는데 그 원리는 도플러 효과를 이용하는 것으로써 Ring 레이저 회전계 라든가 레이저 도플러 속도계, 레이저 도플러 진동계, 자속, 전류계측기등이 있다.

이외에도 레이저를 이용한 레이저 레이다는 대기중의 공해 관측이나, 사격 통제 장치 등에 사용되고 있다.

한편 또 다른 레이저의 응용 계측 분야인 3차원 형상 측정의 경우는 로봇이나 NC의 적응 제어(Adaptive Control)을 위해 많이 연구되고 있다. 이 측정장치의 원리는 레이저 광을 물체 주위로 주사(Scanning)한 후에 반사 정보를 카메라 등에 수집한 후 재처리하여 3차원 형상정보를 추출해 내는 방법에 의한 것인데 아직까지 몇 가지 어려운 점이 있어서 많은 연구가 이루어져야 할 분야로 생각된다.

### ◇기타 응용

레이저는 소재의 가공이나 계측용으로 쓰일 뿐만 아니라 정보의 기록, 처리, 통신등에도 광범위하게 쓰이고 있는데, 그 예로서 레이저 프린터, 레이저 팩시밀, 광 디스크 문서 관리시스템, POS(Point of Sales)시스템, Optical-Scanner, 광 통신용 단말기 등을 들 수 있겠다. 또한 환상의 3차원 사진 기술인 홀로그래피(holography)등도 빼놓을 수 없는 레이저의 중요한 응용분야 중의 하나이다.

한편 미국에서는 핵 융합반응에 레이저를 이용하기 위해서 현재 2,000J 정도의 초고출력을 내는 레이저 발생장치의 개발에 박차를 가하고 있는 것으로 알려지고 있다.

### ◇앞으로의 전망

레이저가 발명된 지 벌써 25년이 지났다. 초기에는 금세기 최대의 발명이라고 일컬어 졌지만 동시대에 발명된 반도체에 비해서 실용화가 지지부진하여 비싼 돈드는 부질없는 연구(Lucrative Aquisition Scheme for Expensive Research)라고 지탄받기도 하며, 개발에 종사해 온 사람들을 오랫동안 실망시켜 왔으나 이제는

광통신, 계측 정보처리, 핵융합, 의료, 재료가공 등의 테크놀로지 전 분야에서 급속하게 각광을 받기 시작하게 되었다.

레이저의 재료가공 분야를 보면 현재 전 세계에 약 8,500대 정도의 레이저 가공기가 가동 중인 것으로 알려져 있으며 이런 추세로 간다면 앞으로 5년후인 1990년에는 약 25,000대가량이 보급될 것으로 추산된다. 1970년대 초에 불과 100여대가 시험가동된 사실에 비추어 보면 얼마나 빠른 발전을 가져온 것인가 쉽게 알 수 있다.

한편 레이저 가공기는 현재 전세계적으로 급속히 추진되고 있는 공장자동화에 없어서는 안 될 중요한 구성요소로서 대두되고 있는데, 이것은 여러가지 형상과 종류의 소재를 레이저 하나만으로도 다양하게 가공하는 것이 가능하기 때문이다. 따라서 앞으로는 레이저 가공기를 이용한 FMS가 대거 확산될 전망이다. 금년 일본에서 1조 3,000억원을 들여 개최하는 쥘루바 '85 국제 과학 기술 전람회에서도 레이저를 이용한 실험적 FMS플랜트가 세워져 일반에게 공개될 예정이다. 따라서 레이저의 산업적 이용은 점차 확대되어 아마 2,000년 대에는 모든 산업분야에서 빼어 놓을수 없는 것이 될 것이며 새로운 분야에의 적용도 또한 계속해서 시도될 전망이다.

한편 국내의 레이저 응용현황을 보면 과거 10여년간 연구소나 대학에서만 레이저에 관한 경험축적과 기술축적을 해온 상태여서 레이저의 응용은 현재 학교실험실 안에서만 부분적으로 이루어지고 있는 실정이고 일부 기업체에서 해외제품을 도입하여 활용을 시도해 보는 정도이다. 그러나 최근들어 첨단기술의 개발 추세에 따라 몇몇 국내 기업체에서도 레이저에 관한 연구개발 및 제품화 노력이 이루어지고 있다.

따라서 우리의 대외 경쟁력 확보를 위해서는 국내 산업에서도 레이저 응용의 확대가 절실히 요구되며 이를 위해서는 산업체의 응용연구와 학계의 기초연구에 계속적인 활발한 투자가 범 국가적으로 이루어져야 될 것이다.