

尖端技術 레이저(LASER)의 世界

— 加工機分野의 寵兒로 登場 —

金 貞 欽

<高麗大學校 教授>

1. FA時代 加工技術의 寵兒

빛, 光線이란 말은 우리에게 밝음, 아름다움, 希望, 기운, 可能性 같은 것을 느끼게 한다. 특히 레이저(LASER)의 빛은 그러하다. 레이저는 計測, 醫療, 情報處理通信, 디스플레이 그 밖에 核融合에도 차례 차례 應用範圍가 擴大되면서 마침내 加工分野에까지 그 領域이 闐어가고 있다. FA時代를 맞아 加工機의 主役으로 登場하지 않겠는가 하는 熱望이 강하게 나타나는 가운데 自動車, 電氣, 鐵鋼 등 主要産業의 發展에 새로운 영향을 미칠 것으로 보인다.

한 줄기의 빛이 차갑게 빛나는 鐵鋼 위를 달린다. 갑자기 눈부신 불꽃을 튀긴다. 이렇게 되면 어떤 두께의 鋼板이든 빛의 進路에 따라 갈라져 나간다.

결국 꿈의 世界의 加工法에 지나지 않는다고 생각하였던 레이저의 빛이 그 꿈을 現實世界로 불러 오게 한 것이다. 空想科學小說의 시나리오가 반드시 공상만은 아니었다는 것이다.

이 레이저光線을 世界에서 가장 먼저 發見한 것은 美國의 휴즈研究所의 데오도어 메이먼이었다. 1cm角의 루비를 사용한 레이저 發振에 成功한 것이다. 이 新種 光線이 아직 하나의 未知의 分野의 關門을 열고 많은 技術革新을 가져다 주었다.

通常의 光에너지는 全方位로 分散해서 그 미치는 範圍를 밝게 照明해 준다. 이에 對해서 레이저는 「位相一致」된 빛으로서 한결 같이 똑 같

은 波長의 에너지波로 이루어지며 가느다란 光束으로써 같은 方向으로 前進한다. 通信發熱機能 등을 좁은 內徑의 光束으로 만드는 性質이 있으며 이러한 特性을 살려서 各分野에서 利用하고 있는 것이다.

그 하나는 醫療分野이다. 레이저光線을 內藏한 메스로 皮膚組織을 태워 찢르면 피가 凝固해서 出血이 거의 없어지며 回復도 빠른 利點이 있다. 이 때문에 出血이 致命的일 수 있는 火傷患者나 腸手術患者의 治療에 不可缺한 存在가 된다.

計測이나 情報處理分野에서의 活躍도 눈부시다. 商品에 붙이는 바아 코드의 判讀用 레이저 走査機라든가 紙面을 電送하는 레이저 팩시밀리 혹은 레이저 프린터 등 日常用으로 레이저의 特性을 살린 最新銳機器가 적지 않다. 그밖에 軍事用, 核融合 등 그 利用分野의 擴大는 상상을 넘는다.

그 가운데서도 將來의 커다란 可能性을 지니고 있는 것이 光通信이다. 電波 대신에 光信號를 사용하면 비교할 수 없을만큼 多量의 情報를 一時에 보낼 수가 있다. 半導體레이저를 低損의 光파이버로 誘導하는 光파이버 通信이 머지 않아 在來의 電話케이블을 대신할 것이 틀림 없다. 바야흐로 宇宙의 레이저傳送衛星시스템이 構築되고 있는 것이다.

通信分野 이상으로 기대를 모으고 있는 것이 加工機로서의 利用이다. 레이저光線은 直徑 1mm 정도의 光學的으로 매우 微小한 스팟으로 集中시키면 1平方cm當 10°에서 10°이란 에너지密度

가 높은 熱源을 만들어 낸다. 이 熱源을 사용하면 多種 素材를 蒸氣, 熔融, 組織, 變化시킨다. 이것을 사용한 非接觸加工法이 레이저加工이다.

加工이라고 한마디로 말하지만 레이저는 구멍 뚫기에서 切斷, 鎔接, 담금질, 트리밍 등 그 役割이 多樣하다.

그밖에 加工對象이 실로 廣範圍하다. 鋼材, 티탄, 니켈 따위의 金屬을 비롯해서 木材, 強化 플라스틱, 세라믹, 織布, 皮革, 유리, 纖維 및 고무 등 거의 모든 材料에 이용된다.

뉴우세라믹과 같은 新素材에도 빛이 잘 吸收되어 다듬질이 매우 뛰어나다. 종래의 加工機械의 常識을 훨씬 上廻하는 高性能 加工시스템의 出現인 것이다.

레이저는 發光材料에 따라 固體, 氣體, 液體 및 半導體 등 여러가지 종류가 있다. 그 중에 加工用으로 뛰어난 것이 이트륨, 알루미늄, 가넷(YAG)레이저와 炭酸가스(CO₂) 레이저 등 2種이다.

YAG레이저는 固體레이저의 代表格으로 波長 1.06미크론의 近似赤外光, 0.53미크론의 綠色光으로서 連續出力으로나 펄스出力으로써 放出시킨다. 出力이 比較的크기 때문에 精密加工度를 비롯하여 抵抗의 트리밍, 印刷用 直接製版 등에 威力을 보인다.

한편 炭酸가스레이저는 發振波長이 10.6미크론의 赤外線으로써 kW級의 巨大出力이 가능하다. 더우기 에너지効率が 20% 이상이며 다른 가스 레이저나 固體레이저에 비하면 놀랄만큼 効率が 좋은 것이 特徵이다. 大出力을 연속적으로도, 펄스으로도 放出시킬 수 있으므로 加工用 熱源으로서는 安성마춤이다.

레이저加工機는 發祥地인 美國에서부터 시작되었지만 初期(1960代) 단계는 값이 비싼데 비해 出力이 약하여 겨우 2.2밀리미터의 薄板에만 動力이 限定되었었다. 그러나 70年代에 와서 kW級의 炭酸가스레이저가 등장하면서 狀況은 바뀌었다. 出力이 큰 레이저는 보다 두꺼운 材料를 切斷, 구멍 뚫을 수 있기 때문이다. 특히 70年

代 後半에 美國의 GM社가 大量의 炭酸가스레이저加工機를 導入함으로써 普及이 急進展되었다.

美國의 有力한 레이저專門誌에 따르면 美國内の 레이저加工機 設置臺數는 炭酸가스, YAG를 합해서 약 4,500臺에 이른다. 이 調査는 使用者를 일일이 찾아 集計한 것이므로 거의 正確한 數字이다.

이에 대하여 製造業者의 推定値에 의하면 82年의 設置臺數는 1,200 내지 1,800臺이다. 이 差異는 前者가 하이브리드基板 2,000臺, 半導體 1,900臺가 설치된데 대하여 後者는 많아야 半導體 100臺, 電報電話裝置 250臺, 電子部品 350臺로서 집계된 것이다.

한편 日本에서는 레이저加工機의 開發이 지난 70年代 초에 본격화하여 최근에 急速히 普及되기 시작하였다. 레이저加工機 자체도 出力機種의 開發과 더불어 生産性的의 向上, 새로운 레이저를 利用한 加工機의 出現, 複合加工法의 개발 등 技術革新이 이루어질 것이다. 素材面에서도 기존의 加工法으로는 어려운 難削材나 新素材가 계속 出現하고 있다.

2. 1977年 GM社가 實用化着手

1960년에 美國의 메이먼이 루비레이저를 만들어낸 이후 레이저光線의 單色性, 志向性, 高輝煌性 등의 特徵을 利用한 레이저加工이 發展해왔다.

初期에는 레이저의 힘이 弱하고 裝置가 不安定하기 때문에 實用的인 成果는 얻어지지 않았으나 1970年 이후 高出力의 YAG, 炭酸가스레이저 등의 出現과 많은 研究者들의 努力에 의해 鎔接, 切斷 등이 實用化되었다.

그 후 1977년에는 美國의 GM社가 사기너워 工場에서 스티어링 기어 하우징의 內面 담금질에 1kW의 炭酸가스레이저를 12臺, 500kW 3臺를 사용해서 하루 3,000個의 生産力을 내고 있다는 發表가 나오자 레이저加工은 世界的으로

注目を 받기 시작하였던 것이다.

GM社에서는 그 후 開發을 거듭하여 1982年 현재 全社에 85臺 이상의 레이저를 各種 加工에 利用하고 있다.

그리고 83年 2月에 해리슨 래디에타部的 E. L. 프라이엄드部長은 GM社에서는 카 에어콘용 콤

따라서 가까운 將來 FMS에 있어 많은 레이저 加工機가 사용될 것으로 기대된다.

加工用레이저의 경우 그 종류는 루비, YAG, 유리 및 알렉산드라이트 등 4종의 固體레이저와 炭酸가스 및 아르곤 이온가스의 氣體레이저가 있으며 그 性能은 表 1과 같다.

<表 1> 加工用 레이저種類

레이저名	波長 (μm)	發振形式	標準出力 (w)	標準 加工 例
CO ₂	10.6	CW 返復펄스	~10 ⁴ ~10 ⁴ (P)	熱處理熔接 切斷 熔接 切斷 除去加工
Ar ⁺	0.4880 0.5145 他	CW	18	半導體加工
YAG	1.06	CW	~400	熔 接
		펄스펄스	~200(m)	熔接, 鉋공
		Q-sw 펄스	5×10 ³ (P)	트리밍
유 리	1.06	單一펄스	10 ⁶ (P)	스파—트熔接 鉋 공
루 비	0.6943	單一펄스	10 ⁵ (P)	스타—트熔接 鉋 공
알렉산드라이트	0.70~ 0.8	返復펄스	70(m)	鉋 공
		Q-SW펄스	18×10 ⁶ (P)	鉋 공

註: p: 피크值 } 同時에 滿足値는 아님
m: 平均値

프레서의 클라치板的 무게를 50% 줄인 것을 레이저熔接으로 完成하고 현재 5kW 레이저 3臺, 5kW 炭酸가스레이저 8臺로 日産 28,000개를 生産한다고 말했다.

이미 레이저加工機의 稼動率은 90%에 달하고 있으며 EB加工과 레이저加工 양쪽으로 가능한 加工은 레이저加工으로 行하고 있다.

이와같이 레이저加工은 高品質, 高能率의 經濟的 價値가 뛰어난 加工法으로 認定될 뿐만 아니라 非接觸加工 따위에서 加工體로부터의 反力을 받지 아니한다. 이 때문에 컴퓨터의 유연성을 살려나갈 수있는 加工法으로써 發展하고 있다.

그 중에서 경제성, 내구성 등의 견지에서 生産라인에 導入할 수 있는 것은 현재로서 炭酸가스레이저와 YAG 레이저뿐이다.

이 兩者의 差異는 前者가 高効率(總合効率 10% 이상)과 大出力(10kW 이상)에서 뛰어나며 後者는 取扱이 손쉬우며(光파이버를 사용) 信賴性에서 有利하다. 또한 兩者의 發振波長은 前者의 쪽이 길며 後者는 10분의 1이다. 一般的으로 焦點에 있어서는 비입徑은 波長에 比例하므로 波長이 짧은 쪽이 스파트徑이 작아진다. 이상의 觀點에서 一般的으로 大出力을 요하는 大型加工에는 炭酸가스레이저가, 또 微細加工에는 YAG 레이저가 이용된다.

다음에 레이저出力에는 表1에 表示한 바와 같이 펄스의으로 나오는 것과 連續的 CW라 함)으로 나오는 것이 있으며 加工目的에 따라 區分使用할 필요가 있다.

이를테면 다이아몬드 다이스의 구멍 뚫기와 같은 急激한 加熱로 素材가 쪼개질 것 같은 것에는 適當한 強度의 펄스의 返復 照射方法이 바람직하며 金屬의 熔接, 熱處理 등에는 500CW方法이 좋다.

炭酸가스레이저加工은 레이저出力에 의한 加工能力에서 500W를 고비로 해서 크게 달라질 수 있다.

즉, 5W까지의 加工機는 주로 플라스틱, 木材, 纖維, 紙, 고무 등 溫度傳導率이 낮고, 切斷溫度가 낮은 非金屬材料의 구멍 뚫기와 切斷에 사용되며 5W 이상의 加工機는 前記 加工의 高速化에도 사용되나 주로 複合材料, 鐵鋼이나 티탄 따위의 金屬板의 型切斷, 熔接 혹은 鑄鐵製部品の 表面硬化處理에 사용된다.

그러나 아직 美國 외의 국가에서는 레이저 表面硬化處理는 實施되고 있지 않다. 따라서 生産現場에 있어서 稼動하는 레이저加工機는 小型으로 高出力, 長壽命, 높은 稼動率, 良好한 操作性, 淸싼 運營費 등의 조건을 갖추고 있으며 그밖에 최근 급속히 利用되게 된 컴퓨터制御에 의한 多樣한 加工機能, 能力을 지니는 것이 요구되고 있다.

우리나라에서는 이와 같은 조건을 달성하기 위해 연구개발이 최근에 시작된 것으로 안다. 現在의 炭酸가스레이저加工機는 專用機와 汎用機로 나뉜다. 그 基本構造는 發振器, 電源, 레이저光傳送 및 集束用光學系, NC 加工테이블, 制御用컴퓨터로 되어 있다. 그리고 炭酸가스레이저 發振器에는 ① 가스의 흐름方向 ② 放電方向 ③ 레이저光通行方向의 相互關係에 따라서 현재 3形式이 있다.

이 3者 다같이 同一方向의 것을 軸流型, 前 3者가 同一方向으로 第3者가 그것들과 直交하는 것을 2軸直交型, 3者가 서로 直交하는 것을 3軸

直交型이라 한다.

一般的으로 軸流型 쪽이 切斷에 가장 좋다고 하는 “가우스모드”가 얻기 쉬우나 大出力을 얻기가 힘들며(實用的으로는 2kW 정도) 다른 2者는 大出力(實用的으로는 10kW 정도까지)는 얻어지나 “가우스모드”는 얻기 힘든, 서로 相反된 特性을 갖고 있다.

最近의 高出力(1kW 이상) 炭酸가스레이저로는 發振器內에 조리개를 넣어 切斷時에는 出力은 떨어지나 가우스모드가 사용되도록 한 것이 많다. 發振器의 詳細한 것에 대해서는 더 이상 說明을 피하고 여기서는 機械關係에 대하여 說

<表 2>

美國의 레이저 使用現況(1982)

産業別	豫想設備臺數	標準作業	使用機種
煙草製造業	30~50	필터의 구멍 뚫기 3×10 ⁸ /分	CO ₂
애퍼럴産業	16~20	洋服地裁斷	CO ₂
製紙관련産業	40~45	다이보드中の 스틸 齒 합입홈의 作成	CO ₂
유리工業	15~17	가스관·램프管 LED의 切斷	CO ₂
電氣機械加工 半導體	75~100	에칭, 트리밍, 애 나링 등	YAG
電報·電話 裝置	175~250	와이어熔接 重熔 接	YAG
電子部品	250~350	스크라이빙, 熔接 封止	YAG CO ₂
輸送用機器 自動車部品	75~100	GM社에서 85臺 使用中	CO ₂
航空機	5~6	防音페널	CO ₂
航空機엔진 그部品	30~40	特殊金屬구멍뚫기	CO ₂ YAG
鐵道部品 (엔진)	4	5kW 엔진실린더 內面硬化	CO ₂
自動車用空調 器用 컴퓨터의 部品熔接	4(現在 5kW)	5kW(3年이내에 8臺) 9kW(// 3臺)	CO ₂
레이저價加工 業	50~60		CO ₂

明하고자 한다.

現在까지 상당수의 炭酸가스레이저加工機가 제조되고 있으나 最近의 장치는 초기의 것에 비해 값비싼 헬륨을 지나치게 消費하지 않도록 하였다.

레이저加工機의 構造的인 分類는 發振器, 照射헤드(集光系 포함) 및 加工物의 相對運動에 의해서 된다. 이들 3가지의 기능을 組織化시켜서 생각하면 다음과 같이 分類된다.

1. 發振器와 照射헤드가 固定되어 加工物이 移動하는 方式
2. 發振器와 加工物이 固定되어 照射헤드의 移動만으로 加工하는 光走査方式
3. 加工物이 固定되어 있어 發振器와 照射헤드가 移動하는 方式
4. 發振器(照射헤드도 一體)와 加工物 雙方이 移動하는 複合移動方式(加工物이 X軸方向으로, 發振器가 Y軸方向으로 移動하는 方式)

이 가운데 현재 가장 많이 제작되고 있는 薄板切斷用 炭酸가스레이저加工機는 한가지 型으로 썬 鋼材나 또는 非金屬의 板材의 自動型切斷에 많이 사용되고 있다. 이 方式으로는 集光헤드는 照射方向 固定으로 加工物이 XY테이블에 의해 2軸時驅動된다. (따라서 2次曲線도 切斷可能)

[이밖에 灌溉用 폴리에틸렌파이프의 구멍뚫기, 선박의 型 및 구멍 뚫기, 터빈의 冷却구멍뚫기, 베어링의 熔接, 空洞器의 制御部品の 熔接, 電子計算機部品の 硬化 등에 2~5臺씩 사용되고 있는 미국 전체에서 1,200~1,800臺 가량 있는 것으로 推定된다.]

XY테이블과 NC裝置는 工作機에 사용되고 있는 것과 똑같은 현상이다. 그리고 XY테이블의 크기는 加工物의 規格에 따라서 선택되나 加工重量이 무거워지며 加工速度가 떨어진다.

XY테이블의 軸方向移動範圍는 通常의 銅板의 규격에 맞춰져 있으나 그 方式으로 사용되는 치수는 1,600mm×3,mm 정도가 限度이다.

이 方式의 XY테이블의 移動速度는 선택에 좌우되지만 最大 每分 30m의 것도 있으며 加工精

度는 테이블의 保證精度에 의해 결정된다. 다만 최근과 같은 大出力加工機로 加工速度가 빨라지며 精密曲線切斷加工 같은 것을 할 때에는 테이블의 慣性에 따른(G₂D效果) 位相遲延 따위에 의해 컴퓨터의 入力形狀과 다소 틀리는 結果가 나오는 경우를 생각해 둘 필요가 있다. 따라서 高速加工에는 慣性이 작은 光走査方式이 바람직하다. 現在 그 方向으로 연구가 추진되고 있으나 導光路 中の 反射鏡의 保持法이나 反射光學系등에 더욱 연구가 필요하다.

1. 3次元레이저加工機

조리개加工한 3次元立體形狀部品の 切斷加工에는 그 形狀表面에 垂直으로 비임을 加하지 않으면 제대로 切斷이 안되기 때문에 照射헤드의 컨트롤이 重要하다. 3次元加工機로서는 最初로 VTRC로 포드社의 언더보디의 熔接用에 6kW의 레이저를 塔載한 것이 만들어졌다. 이것은 5軸 同時制御方式으로써 加工物이 入軸方向으로 併進運動을 하여 照射헤드가 4가지 運動(YZ의 併進運動과 2軸 둘레의 回轉運動)을 하고 있다.

그리고 컨트롤 레이저로부터 照射헤드가 2軸 둘레의 回轉運動과 2軸 方向의 併進運動, 헤드의 支持體가 XY 2軸의 併進運動을 하는 것이 등장하고 있다. 최근 日本에서는 3次元曲面形狀數值化機能 및 5軸 NC 프로그래밍機能을 가진 레이저加工機가 개발되었다.

加工헤드가 XYZ의 3軸 併進運動과 2軸 둘레의 回轉運動을 하게 되어 있으며 複雜한 3次元立體形狀의 프레스加工部品の 輪廓切斷이 극히 짧은 시간에 가능하였다고 한다.

더우기 情報를 利用해서 프레스加工部品の 量産에 사용하는 外型製作用 金型을 쉽게 만들 수 있게 되었다. 新製車用的 試驗部品の 加工이나 金型産業의 合理化에 크게 공헌할 것으로 기대된다.

2. YAG레이저加工機

YAG레이저는 加工目的에 따라 直接發振 노멀 펄스發振 및 펄스幅이 짧은 Q스위치펄스發振 등의 發振모형을 선택할 수가 있다.

레이저光線의 피크出力이나 펄스幅 등은 加工對象物에 따라 다른 加工能率을 향상시킬 필요가 있다.

熔接에 사용되는 YAG레이저加工機는 노멀펄스發振이 主體가 된다. 이 형의 장치의 發振能力은 1펄스에 포함되는 出力에너지(슈울)와 그 返複數(pps)의 곱치기로 나타내는 平均全力으로 주어진다. 구멍뚫기 특히 깨어지기 쉬운 다이아몬드 따위의 加工에는 펄스發振의 것이 사용되고 있다.

YAG 레이저加工의 利點은 값싼 光파이버를 이용해서 導光이 가능한 점이다. 炭酸가스레이저에서는 大出力의 10.6미크론의 빛을 導光해서 얻는 파이버가 없기 때문에 로봇 등과 組合한 FMS로 하는 것은 바랄 수 없다. 특히 최근 개발이 서둘러지고 있는 3次元加工機에는 몹시 복잡한 장치를 사용하지 않으면 안된다. 그러나 YAG 레이저加工에서는 그럴 필요가 없으며 電子部品 같은 것의 3次元熔接에는 현재 활발히 이용되고 있다.

YAG 레이저에서는 大出力이 얻어지지 않기 때문에(現在 400W 정도 까지) 스스로 微細部品 加工에 限定되나 YAG 레이저光은 波長이 짧으므로 金屬表面으로부터의 反射가 炭酸가스레이저보다도 적으며 同一出力이라면 金屬加工에서는 炭酸가스보다도 有利하다. 또한 Q-SW펄스

全力이 얻어지기 쉬우므로 구멍뚫기에도 유리하다.

이보다 波長이 짧은 알렉산드라이트 레이저光도 파이버傳送은 가능하므로 장치가 값싸서 量産되면 有力한 加工用레이저가 될 수 있을 것이다. 다만 지금으로써 알렉산드라이트 레이저는 出力이 70W 까지이며 아직 力不足의 감이 없지 않다.

3. 레이저加工의 現在와 未來

끝으로 현재 美國에서 炭酸가스 및 YAG 레이저를 生産工場의 加工에 利用하고 있는 産業 및 그 設置臺數를 레이저포커스誌에서 보면 前記의 表와 같다.

여기서 炭酸가스와 YAG의 記號가 있는 것은 그 加工이 어떤 機種에 의해 이루어지느냐를 설명하고 있으며 YAG는 一般的으로 말해 電氣機械 따위에 많이 사용되고 있다는 것을 알 수 있다. 大出力 炭酸가스레이저는 美國의 경우 自動車工業 같은데서 많이 사용되고 있는 것을 알 수 있다.

이상은 레이저單體에 의한 熱加工이나 최근 前者와 化學反應과를 組合하여 加工能力을 飛躍的으로 向上시킨 레이저促進型 化學加工이라고 하는 것이 나오고 있다.

이것은 지금까지의 레이저單體에 의한 熱加工과 化學反應 등을 組合한 複合加工이다.

可視光레이저를 利用한 것이 많으나 레이저에 의해서만 가능한 새로운 加工法으로서 그 展望이 매우 기대되는 것이다.

고급번역/통역

고려번역

—법률·계약서류

—특허관계제서류

KOREA TRANSLATORS & SERVICES

서울중로구효자동70-1(세정빌딩202호)

TEL. : 724 5705

TLX. : 25103