

尖端技術 어디까지 왔나

레이저를 이용한 熔接技術(1)



崔賢圭

〈産業研究院 研究員〉

目次

- I. 머리말
- II. 레이저加工과 레이저加工機
- III. 레이저熔接의 概要
- IV. 레이저熔接의 特許動向
- V. 맺는말

〈고딕은 이번號, 명조는 다음號〉

I. 머리말

레이저는 今世紀 最大 發明의 하나로 放射의 誘導放出에 의한 빛의 增幅(Light Amplification by Stimu-

lated Emission of Radiation)의 이나설을 탄 것이다. 레이저는 코히런트(Coherent)한 波動特性과 單色性에 가까운 波長分布를 가지고 있어 集光性이 우수하며 指向性和 干涉性이 좋으며 렌즈를 통과한 에너지 密度가 電子비임에 가까운 10^8W/cm^2 에 이른다.

1960년에 美國 Hughes研究所의 Maiman에 의해 루비 레이저가 최초로 發振된 이래에 지금까지 1백종류 이상의 레이저가 발명되었으나 加工用으로 쓰이는 레이저는 高出力이어야 하므로 몇종류로 한정된다. <表 1>에 加工用 레이저의 종류와 용도를 나타내었다.

레이저가 활용될 수 있는 분야는 計測·制御, 通信·情報處理, 材料加工, 에너지發生 그리고 醫療應用 등 거의 모든 科學·技術分野에 이용된다고 해도 과언이

〈表 1〉 加工用 레이저의 特性和 用途

레이저의 種類	出力	波長	特性和 用途	
炭酸가스(CW) (P)	~25 KW ~5 KW	10.6 μm	高效率, 高出力 거의 모든 레이저加工	
Nd: YAG(CW) (P) (Q-Switch)	~600W ~90 J ~300W	1.06 μm (1-25KHz)	熔接, 납땜, 切斷 熔接, 드릴링 트리밍, 마킹	
Ruby (P)	~20 J	0.6943 μm	点熔接, 드릴링	
Ar Ion (CW)	~20W	0.4880 μm 0.5145 μm	半導體加工, 레이저도금 製板	
Allexondrite (P)	~800mJ	0.73-0.78 μm (可變)	드릴링	
Eximer(P)	ArF KrF XeCl XeF	~500mJ ~900mJ ~500mJ ~400mJ	0.193 μm 0.248 μm 0.308 μm 0.351 μm	Dye laser(色素레이저)와 조합되어 波長이 변하는 레이저가 된다. 光化學反應, 에칭, 化學, 醫學

P=Pulse 發振, CW=Continuous Wave 連續波發振

아니다. 材料加工중에서도 熔接, 납땜 등의 接合加工 외에도 切斷, 切削, 드릴링, 마킹, 彫刻, 스크라이빙(Scribing) 등의 除去加工, 表面담금질, 表面合金化, 글레이징 등의 表面改質加工, 그리고 型性加工, 超微粉製造, 레이저PVD·CVD, 레이저化學反應, 新素材合成 등에도 쓰인다.

本稿에서는 레이저를 이용한 熔接加工에 대해 논하겠다.

II. 레이저加工과 레이저加工機

1. 레이저熱源의 특징

産業界에서 가장 널리 쓰이는 熱源은 아크나 주열熱 등의 電氣에너지와 化學炎 등의 化學反應에너지이다. 이들에 비해 레이저熱源은 高에너지 密度를 가지고 있으며 種래의 열원으로서는 얻을 수 없는 새로운 加工機能을 가지고 있다.

레이저가공의 일반적인 특징은 다음과 같다.

- (1) 에너지密度의 선택을 마음대로 할 수 있어 種래의 熱源에 비해 應用分野가 넓다.
- (2) 種래의 熱源에 비해 컴퓨터와의 結合性이 좋아 유연한 생산프로세스를 고를 수 있고 無人化·省力化에 알맞다.
- (3) 非接觸加工이므로 被加工物의 材質에 制限을 적게 받는다.
- (4) 入熱量이 작기 때문에 熱變形이 적다.
- (5) 部分加熱이 가능하므로 필요한 부분만 가공할 수 있다.
- (6) 磁氣의 영향을 받지 않고 가공할 수 있다.
- (7) 에너지密度가 높고 짧은 시간에 가공하므로 온

라인처리가 가능하다.

- (8) 일반적으로 드라이 프로세스이다.
- (9) 高生産·高性能性 加工法이다.

그러나 다음과 같은 문제점도 있다.

- (1) 레이저에너지로의 變換效率이 극히 나쁘다.
- (2) 비임에너지가 물질로 전달되는 효율이 좋지 않다. 특히 反射率이 높은 材料(金, 銀, 銅 등)에서는 충분한 에너지傳達이 되지 않아 反射防止處理가 필요하다.

(3) 레이저加工現象중에서 아직 밝혀지지 않은 부분이 많으며, 알맞은 制御法이 아직 확립되지 않았다.

(4) 레이저裝置 자체가 미완성단계라 할 수 있다.

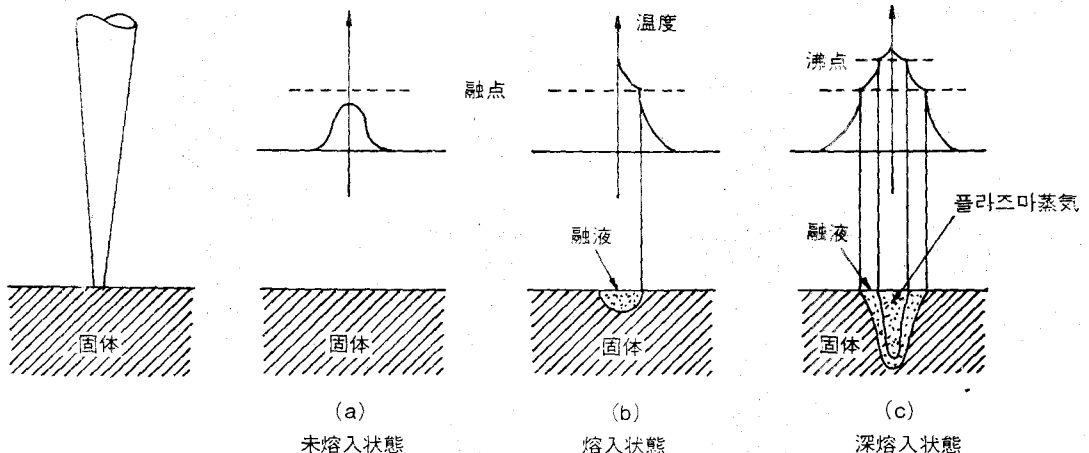
(5) 주변기기가 레이저 본래의 기능을 발휘할 수 있을 만큼 개발되지 않았다.

특히 이상의 문제점중에서도 레이저에너지로의 變換效率이 나쁘다는 것은 레이저의 치명적인 단점이라 할 수 있다. 따라서 레이저로만 가능한 加工, 레이저 導入으로써 加工시스템이 크게 柔軟化되어 코스트절감을 할 수 있는 가공에만 적용되어야 할 것이다.

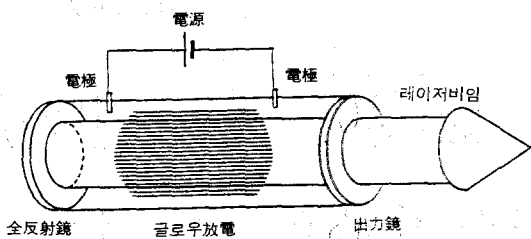
2. 레이저加工의 原理

에너지密度가 높은 레이저비임을 렌즈로 集光하면 초점에서 에너지密度는 매우 높아진다. 이 에너지를 被加工物에 照射하면 에너지가 흡수되어 被加工物의 表面溫度가 급격히 올라가 沸點에 이르게 된다.

(그림 1)은 렌즈光을 照射할 때 加工物의 溫度分布를 나타낸 것이다. (a)는 融點까지 오르지 않고 가열된 상태, (b)는 融點까지 이르러 熔入이 일어난 상태, (c)는 沸點에 이르러 증발을 시작하여 蒸氣壓에서 주변의 融液이 둘러싼 상태이다.



〈그림 1〉 레이저로 가열할 때 에너지密度의 影響



〈그림 5〉 CO₂ 레이저 발진기의 구성례

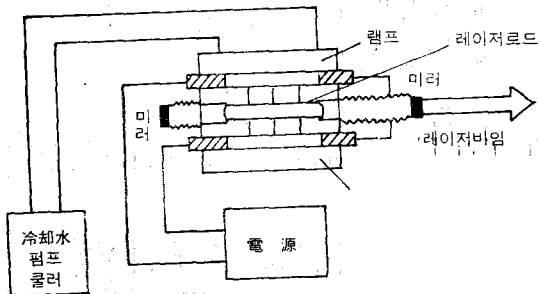
가스가 매질이므로 밀폐용기가 있어야 하고 그 양끝에 있는 반사경 사이에서 레이저 발진기가 생긴다. 가스에 고전압을 가해 글로우 방전 상태가 되게 한다.

CO₂ 레이저의 발진 효율은 5~10%로 다른 가공용 레이저(대부분 1% 이하)에 비해 고효율의 레이저이다.

발진기의 출력透過鏡을 나온 레이저비임의 에너지 밀도는 10³W/cm² 정도이나 렌즈 등의 집광系에서 약 0.1mm의 스폿트 지름으로色差 없이 집광되므로 10⁶~10⁸W/cm² 정도의 에너지 밀도의 열원으로 이용된다. 이론적으로는 파장(10.6μm)의 스폿트 지름에 집광되거나 렌즈의 회절 한계와 구면 수차로 인해 그 이상의 에너지 밀도를 얻기는 어렵다.

(2) YAG 레이저 가공

Y₃Al₅G₁₂(Yttrium Aluminum Garnet)에 약간의 Nd³⁺ 이온을 도핑한 결정체를 레이저 매질로 쓴다. 〈그림 6〉은 YAG 레이저 발진기의 구성을 나타내었다. 로드狀의 매질의 양끝에 반사경을 두고 후레쉬 램프의 빛을照射하여 레이저를 발진한다. YAG 레이저 가공의 특징을 CO₂ 레이저 가공과 비교할 때 다음과 같다.



〈그림 6〉 YAG 레이저 발진기의 구성례

① YAG 레이저의 파장은 1.06μm로 CO₂ 레이저의 10.6μm의 1/10이다. 따라서 보다 작은 스폿트 지름에 집광되므로 정밀 가공에 알맞으며 근외외이므로 유리를 손상시키지 않고 통과할 수 있어 광학유리를 쓴 렌즈, 거울을 사용할 수 있고石英製 광화이버 전송도 가능하다.

② 발진 매질이 고체이고 고밀도이므로 발진부가 콤팩트하다.

③ 발진 효율이 2~4%로 CO₂ 레이저보다 낮다.

④ 발진 매질인 YAG 결정이 결정 성장 기술상 균질하고 양질을 만들 수 있으나 크기에 한계가 있다.

현재 시판되고 있는 YAG 레이저는 최대 출력은 1.2~13KW로高出력을 연속적으로 얻기가 어려우므로 피크 출력이 고펄스인 점을 이용하여 전자 부품, 반도체 부품의 마이크로 가공에 가장 널리 쓰인다. 이른바 輕工業分野에서 많이 응용되고 있다.

반면 CO₂ 레이저는 연속적으로高出력을 얻을 수 있어 실제 금속의 가공에 널리 쓰이는 것으로 板金의 形狀切斷을 비롯한 일반 기계·철강·자동차 등 重工業分野에의 응용이 많다. 〈계속〉

(案) 工業所有權 相談室 운영 (內)

- 相談日時: 每日 10:00~16:00
(土요일은 10:00~12:00)
- 相談料: 無料
- 相談依頼者: 本會 會員企業(非會員인 경우 特請에 限함)
- 相談分野 및 範圍
 - 1) 出願·異議申請·登錄節次 및 要領
 - 2) 工業所有權紛爭의 豫防 및 事後處理
 - 3) 社內 特許管理要領·職務發明補償制度 運用方案

- 4) 工業所有權 實施斡旋 및 活用
- 5) 企業內 工業所有權專擔機構設置方案
- 6) 其他 工業所有權에 관한 諸般事項
- 結果處理
 - 1) 相談依頼會員社에 直接 回答
 - 2) 相談에 關聯되는 秘密事項은 保障되며 公開可能한 事項은 本會 會誌 또는 文庫輯으로 刊行 配布
- 相談處: 本會 發明振興部 및 調查資料部
(557-1077~8, 568-8263·8267)