

樹脂溶着用レーザー装置 ML - 5 2 2 0 A の紹介

川村浩二*、中山伸一*

An Introduction of Diode Laser System ML-5220A for Plastic Welding

Kouji KAWAMURA*, Shinichi NAKAYAMA*

There are some problems related the environment in typical joining method such as adhering for plastic parts. Plastic laser welding is a non-contact welding well suited to overlap joints. This technology is already used for automobile industry and packaging. Recently, fiber coupled diode lasers in power range of several 10W are compact and more cost efficient. We have developed a unique diode laser equipment ML-5220A for plastic welding. In this report, we introduce a ML-5220A in detail and show some examples of plastic welding.

Key words: laser, diode laser, plastic, welding, thermoplastic

1. はじめに

樹脂材料を接合する今日の典型的な工法は、ネジなどを使用した方法、超音波を用いた振動（摩擦熱）による溶着方法、熱板などを用いた溶着方法および接着剤による接合方法である。これらの工法は、安価であるが表 1 に示すような接合に伴う個々の問題点を抱えている。従来の工法に対してレーザーを用いた樹脂材料の溶着方法は、環境上の問題点（化学物質、リサイクル）を解決し、溶着周辺部への熱影響や他の部品へ振動等の影響を軽減する工法として注目されている。

大部分の樹脂材料は、赤外領域に強い吸収を示すので CO₂ レーザでは樹脂溶着への応用が薄板（フィルム）に制約されてしまう。これに対し、近赤外の領域では樹脂材料の透過率が高くなるため Nd:YAG レーザやレーザーダイオードによる厚板の溶着が可能となる。さらに高出力レーザーダイオードの普及により装置の小型化、コストダウンが進み、新たな溶着工法として期待されている。本稿は、これらの要求から当社にて開発したレーザーダイオードによる樹脂溶着装置 ML - 5 2 2 0 A シリーズを紹介する。

表 1 従来工法の紹介と問題点

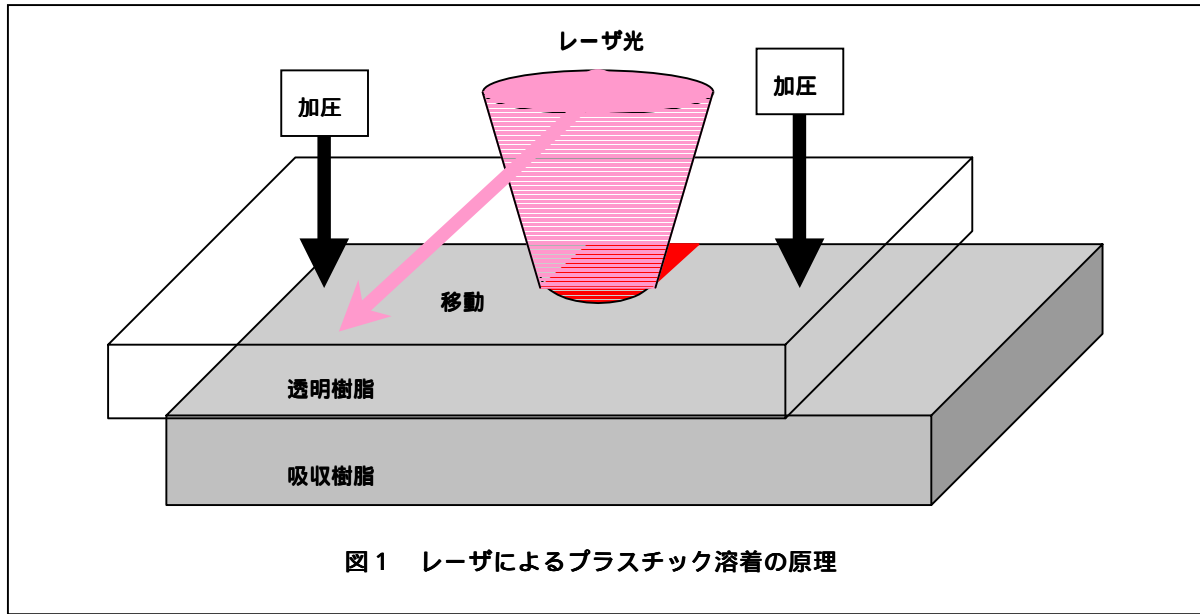
接 合 工 法	問 題 点	レーザー樹脂溶着
超音波溶着	樹脂部品内の電子部品に振動による性能への影響	影響は発生しない
熱板工法	広範囲な熱影響が発生し、局所的な溶着は不可	スポット溶着が可能 加熱時間が数秒
接着工法	化学物質の環境問題、ガスによる部品への影響 硬化時間、歩留まり	ガス発生（微量）は溶着時のみ
ネジ止め	リサイクル解体時の作業時間	素材のまま解体可能

* F M E (株) 開発 2 部 (〒278-0016 千葉県野田市二ツ塚 95-5)
FME Co., Ltd 95-5, Futatsuka, Noda City, Chiba 278-0016, Japan
E-mail: k-kawamurai@fmeng.co.jp
E-mail: s-nakayamai@fmeng.co.jp

2. 樹脂溶着の原理⁽¹⁾

2.1 樹脂溶着の原理

レーザ溶着の原理を図1に示す。まず、レーザ光を吸収する樹脂板(部品)と透過する樹脂板(部品)をお互いに接触させ、ある程度の圧力にて密着させる。レーザ光をスキャナーなどにより透明樹脂板へ照射すると当然レーザ光はその樹脂板を通過し、レーザ光を吸収する樹脂板に到達する。到達し吸収されたエネルギーにより下部の樹脂板は発熱、溶融が始まり、上部の透明樹脂板へ熱(熱伝達)を伝える。吸収・発熱・熱伝達の過程の結果、上下の樹脂板が溶融し溶着されるのである。



2.2 プロセスパラメータの影響

レーザ樹脂溶着工法的主要加工条件は、
レーザ照射密度 (W/cm^2)
ビーム操作速度 (mm/s)
樹脂材料の光学吸収特性

である。

2.2.1 照射密度およびビーム操作速度

照射密度の増加およびビーム操作速度の減少、つまり照射時間を長くすることは、単位体積あたりの溶融エネルギーが増し、熱拡散が長く続くことにより溶着幅および溶着深さが増す。

2.2.2 材料の光学特性

樹脂材料の吸収特性を変化させるために、色素などの添加物(たとえばカーボンなど)を材料に加える。図2に示すように、溶着部の形状は、吸収特性の影響を受ける。添加物の濃度を濃くした強い吸収がある樹脂の場合、レーザの吸収長は短くなり、溶着部の形状は薄く(浅く)、幅広くなる。反対に、吸収が少ない場合は、吸収樹脂材料での吸収長が長くなり、透過樹脂への熱拡散も小さくなる。この結果、透過樹脂と吸収樹脂の溶融部が非対称となる。このように吸収樹脂材料の吸収特性により二つの材料の溶融部形状およびその対称性が変化する。このことから、突き合わせ溶着には吸収長の長い材料を用い、重ね合わせ溶着には吸収長の短い材料が用いるのが一般的である。

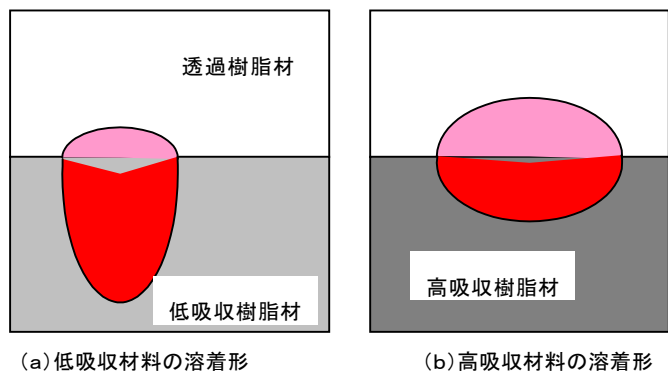


図2 下部吸収樹脂の光学吸収特性の違いによる溶着部形状の説明

- (a) 吸収長の増加に伴い吸収樹脂へのとけ込みが深くなり透過樹脂への熱拡散は減少する。溶着形状は非対称となる
- (b) 吸収長が短いと吸収樹脂の表面吸収のみとなり溶着面積が大きくなる。溶着形状は対称に近い

3. 樹脂溶着レーザー装置の紹介

3.1 ダイオードレーザー装置 ML - 5220A

樹脂溶着システムを構成する光源に用いているのが、図3に示すML - 5220Aである。ML - 5220Aは30W出力のレーザーダイオードとレーザービームを伝送する光ファイバー 0.6mm (SIタイプ)が標準構成である。オプションとしてSIタイプ、コア径 0.4mmの光ファイバー仕様も準備している。レーザーの波長は810nm±10nmである。加工機としてML - 5220Aの特徴を以下にまとめる。

小型軽量に設計され設備の省スペース化に適応

高効率なレーザーダイオードを採用により30W出力でありながら完全空冷、低消費電力を実現
スポット出力タイプまたはビームスキャニングタイプと、用途に合わせて出射光学系を選択可能

スポット出力タイプ(結像比1:1)は、コストパフォーマンスに優れ、ビームスキャニングタイプは複雑な形状の溶着が可能となる。さらに市販CADソフトで作成したデータが利用できる。

ML - 5220Aの基本仕様を表2にしめす。また図4は、ML - 5220Aによるレーザー樹脂溶着の事例である。図中の透過樹脂材料に示されるように、可視光域では不透明、近赤外領域では透明の透過樹脂材料も開発されている。レーザー溶着時のビーム操作速度は、材料に依存するが、10mm/sから100mm/s程度である。



表2 ML - 5220A仕様一覧

装置仕様	入力電源	単相 AC90 ~ 130V/AC180V ~ 260V 自動切り替え、50/60Hz
	消費電力	600W
	熱交換方式	強制空冷電子冷却法方式
	操作方法	専用操作パネル、パソコン
	外部IF	入力6点、出力7点
	外部通信	RS232C
レーザー仕様	発振波長	810nm±10nm
	最大出力	30W(ファイバー出力)
レーザー仕様	発振形態	CW発振

図3 樹脂溶着用レーザー装置 ML - 5220A



(a) アクリル樹脂 (透明) と ABS 樹脂 (黒) の溶着事例
 レーザ出力 20 W、ビーム操作速度 100 mm / s
 溶着幅 : 2 mm



(b) ポリプロピレン (PP) 樹脂 (白) と (黒) の溶着事例
 レーザ出力 20 W、ビーム操作速度 15 mm / s
 溶着幅 : 2 mm



(c) レーザ透過 PP 樹脂 (黒) と レーザ吸収 PP (黒) の溶着事例
 レーザ出力 20 W、ビーム操作速度 20 mm / s
 溶着幅 : 2 mm

図4 ML-5220Aによる樹脂溶着事例

3.2 2次元樹脂溶着レーザー装置

電子部品への応用は、パッケージの封止等が中心になると考えられ、2次元のビーム操作の要求、仕様が多くなる。ML-5220Aは出射光学系にビームスキャニングタイプを選定することによりそのような要求を満足する。加工範囲は、直径 35 cm、75 cmの2種類から選択可能である。コア径 0.6 mmの光ファイバーを用いた場合のビームスポット径(直径)は、それぞれ約 1 mm、2 mm程度となる。

図5は、スキャナー操作速度 15 mm / s、レーザー出力 2 Wの加工条件にて板厚 1 mmの透明ポリカーボネイト(PC)と黒色PC(板厚 1 mm)の溶着を行った事例である。溶着幅は 1 mm程度となった。この事例で示すように、2次元樹脂溶着レーザー装置は、パッケージやセンサーなどの封止に適しており、かつ複雑な溶着形状に対する用途に容易に対応できるのである。



図5 スキャナーユニットを用いた溶着事例
 樹脂材料 透明および黒色ポリカーボネイト
 レーザ出力 2 W
 ビーム操作速度 15 mm / s



図6 ロボットによる3次元システム

3.3 3次元樹脂溶着システム

ロボットを用いた3次元システムを図6に示す。特に自動車のテールランプの様な曲面形状の溶着⁽²⁾に適したシステムである。システムは、光源であるレーザ装置にスポット出力タイプのML-5220A、光ファイバーにSIタイプコア径0.6mm、出射ユニットおよび3次元ロボットより構成されている。

また図7に、このシステムを用いて透明のアクリル材(円筒面)と黒色ABS樹脂(半円板)の溶着実施例を掲げる。溶着面は非常にきれいであり、強度も充分得られた。透明アクリルの板厚は1mm、溶着幅は、2.5mm、レーザ出力10W、ビーム操作速度20mm/sである。



図7 3次元システムを用いた樹脂溶着事例

樹脂材料 アクリル樹脂(透明)、ABS樹脂(黒色)

レーザ出力 10W ビーム走査速度 20mm/s

4. おわりに

環境上の問題解決(化学物質、製品リサイクル)および製品の高信頼性を得る樹脂の接合方法としてレーザ溶着方法およびレーザダイオード装置 ML-5220Aを紹介した。ML-5220Aは用途に対してスポット出力タイプ、ビームスキャニングタイプの選択が可能であり、よりフレキシブルなシステム設計が可能となった。また、熱加工の点からハンダ付けやロー付けなどの接合にも応用可能である。

ほとんどの熱可塑性樹脂に対してレーザ溶着工法は有効であり、今後ますます産業界へ用途の拡大が期待できる。そのためには、ランニングコストの低減、溶着スピードの向上、溶着幅の細線化などをさらに進める必要がある。

参 考 文 献

- (1) S. Abed, et al: "Diode Laser Welding of Polymers: Microstructures of the Welded Zones for Polypropylene", ICALEO'2001, Section C
- (2) <http://www.clt.fraunhofer.com/service/InfoSheets/plastic01.pdf>