

環境対応型接着／接合技術の開発

—自動車産業におけるレーザ溶接技術に関する調査—

藤井 修三・國次 真輔・水戸岡 豊・日野 実

Shuzo FUJII, Shinsuke KUNITSUGU Yutaka MITOOKA and Makoto HINO

キーワード 自動車／レーザ溶接／テーラードブランク／CO₂レーザ／YAGレーザ
KEY WORDS Automobile／Laser welding／Tailor welded blanks／CO₂ laser／YAG laser

1 はじめに

地球温暖化防止の世界的な動きの中、京都議定書の発効に伴い政府は温室効果ガス排出基準の目標達成計画を決定、2008～2012年の5年平均で1990年比で6%削減することを義務づけた¹⁾。またCO₂総排出量の2割ほどを占める自動車においては、CO₂排出削減ないし燃費向上の法制化が進んでいる²⁾。CO₂排出削減のためにはエンジンの改良・ハイブリッド化などと併せて軽量化が大きな鍵である。

一方、交通事故による死傷者は、種々の安全対策や衝突規制が厳しくなっているにもかかわらず増加している。自動車産業においてはこのような衝突安全性を確保しながら軽量化することが重要な課題である。このような課題に対して自動車メーカや素材メーカは高張力鋼やAlなどの軽量高強度材の採用、レーザ溶接、テーラードブランク、ハイドロフォームといった先進的な溶接・成形技術の組合せによって衝突安全性に優れた軽量の自動車の提案を行っている³⁾。

ここでは最近の自動車産業の先進的技術の中で、特にレーザ溶接周辺技術に関して行った調査の概要を報告する。

2 溶接用レーザ装置の種類

各種の溶接法の中でもレーザ溶接法はロボット化、システム化、ライン化などが容易であり、高精度、高能率、高柔軟性、低変形、高速接合法として期待されている。従来より高パワーのCO₂レーザやYAGレーザ装置が開発されているが、最近では高出力、高効率の半導体レーザ(LD)やLD励起個体レーザ装置の開発が精力的に行われるようになった。表1に現在の主な溶接用レーザ装置の種類をまとめて示す⁴⁾。

3 レーザ溶接に関する最近の動向

3.1 高張力鋼のレーザ溶接

現在、自動車用高張力鋼は製法別に十数種以上(引

張強度600～1600MPa程度)が製造されており、機械的性質については概して材料強度の上昇とともに伸びは低下する傾向を示し、プレス成形性、衝撃吸収性の面から、母相がフェライト組織の複合組織鋼が多く採用されている。溶接にあたっては、現状のレーザ溶接方法では健全な溶接部を得るためには板間隔(アライメント)を0.1～0.2mm以内に抑える必要があり、アンダーフィルや溶け落ち等の欠陥が発生し易くなるなど、治具・セッティングに多大な時間と労力が必要である⁵⁾。

溶接部の強度については母材強度が高いために溶接部で破断する場合があります。今後は溶接部の強度を母材以上にする等の対策が必要である。このことからテーラードブランクの適用にあたっては、大きな伸び成形を受ける位置に溶接線を置くことは避けるなど、設計面からの対処が必要である⁶⁾。レーザ溶接部の強度特性については動的特性など、未だ検討例が少なく今後のデータ整備が期待される。

3.2 軽量合金のレーザ溶接⁷⁾

ドイツでは従来、スポット溶接やMIG溶接が行なわれていた箇所をYAGレーザ溶接で行おうとする機運が高い。Al合金のレーザ溶接については、先進的なアウディA2のYAGレーザ溶接のように、通常A6000系押出材が用いられる場合、高温割れとポロシティが問題となることから、高Si入りAlワイヤを用いてYAGレーザ溶接が行われている。

Mg合金は比重がAlよりさらに36%小さいことから高比強度材として注目されている。板厚1.8mmのAZ31B-H24合金に対して、パルスYAGレーザ溶接および連続CO₂レーザ溶接が試みられ、それぞれ欠陥の少ない適切な溶接条件が明らかにされている。また、溶接部の硬度分布が測定されYAG溶接部ではHAZが狭く軟化がほとんど無いことが示されている。

表1 レーザ溶接装置の種類と特徴⁴⁾

	波 長	レーザ物質	長 所	短 所
CO ₂ レーザ	10.6(μ m) 遠赤外	CO ₂ +N ₂ +He 混合ガス	高出力化が容易	プラズマとの相互作用大、初期照射時の材料吸収率小
YAGレーザ	1.06(μ m) 近赤外	Nd:Y ₃ Al ₅ O ₁₂ (固体) ランパ 励起	光ファイバ 伝送可能、分岐容易	変換効率小
LD励起固体レーザ	約1.0(μ m) 近赤外	Nd:Y ₃ Al ₅ O ₁₂ (固体) Yb:Y ₃ Al ₅ O ₁₂ (固体)	光ファイバ 伝送可能 高効率	高価
半導体レーザ (LD)	0.8~0.95 (μ m) 赤外	GaAs(Zn,Al)等 (固体)	小型、長寿命、 高効率	集光特性が悪い 光学系が短焦点

3.3 異種材料のレーザ溶接⁷⁾

CO₂レーザ、YAGレーザまたは高出力半導体レーザを用いて、Al(A6060 合金)と鋼、Al と Mg および Al と Ti の各薄板同士の接合が試みられている。鋼を溶融させず、Al のみを溶融させる方法であり、金属間化合物層を極めて薄くできるという特徴がある。機械的特性の観点から、金属間化合物層の厚さは 10 μ m 以下であることが重要である。鋼と Al のレーザ異材継手は、引張強度が 128~198MPa、エリクセン値が 2.6~3.8 で、Al 同士の継手(6061 合金、6060 合金)より 30%低い程度であり、疲労特性も良好である。さらに、テーラードブランク溶接の例や AISi12 フィラーワイヤを用いることにより、有効なレーザ溶接条件の裕度が拡大することが明らかにされている。一方、鋼板を主に溶融させる重ね溶接、さらに、その熱で Al 合金を溶融させて重ね溶接と突き合わせ溶接を同時に 1 パスでレーザ溶接する方法も開発され、十分な機械的強度が得られることが示されている。

レーザ異材接合技術に関しては実用化例は未だ無いが、自動車、航空機、車両、船舶、真空容器などへの適用が考えられているようである。

3.4 プラスチックのレーザ溶接⁷⁾

プラスチックのレーザ溶接に関して、日本では 1985 年にトヨタ自動車が特許を取得しているが、その後の検討例は少ない。欧米では最近、半導体レーザや YAG レーザを用いて盛んに検討されている。1997 年には、透明な上板と不透明な下板を半導体レーザで接合する方法でキーレスエントリーケースが大量生産されるようになったことが報告されている。レーザの吸収体としては通常カーボンブラックが用いられるが、TWI (The Welding Institute: 英国) では種々の赤外線吸収染料を検討し、それを接合部に塗布する方法で透明プラスチ

ック同士の YAG レーザ溶接を行なう、新しい技法を提案している。また欧米では、透明体のワイヤや棒と不透明体の棒や板との接合も試みられている。

3.5 溶接法のハイブリッド化

CO₂レーザを用いたハイブリッド化技術に関しては古くから Steen⁸⁾らが行った TIG 溶接と CO₂レーザ溶接でのアークの安定性向上とそのメカニズムの検討等があるが、最近ではその開先裕度の増大、高速溶接性から YAG レーザを用いたハイブリッド溶接技術が自動車業界でも効率的に採用されるようになってきている。

4 おわりに

レーザ溶接は、高品質・高精度で高柔軟性、また高速・深溶込み・低入熱・低変形接合法であり、今後の自動車産業はこれらの特徴を十分活かせる分野である。現在までに開発されている多様な加工法と接合条件との組合せの中で、今後これら接合部の機械的特性などの継手信頼性の向上が強く求められると考えられる。今後の精力的なデータ整備が望まれる。

参考文献

- 1) 朝日新聞論説“動き出す温暖化対策”, p27(2005)
- 2) 湊: 自動車技術, p58(1999)
- 3) 栗山ほか: 溶接学会誌, p554(2002)
- 4) 片山聖二: 高温学会誌, p190(2001)
- 5) 吉武明英: 溶接学会誌, p563(2002)
- 6) 福井ほか: 2004LMP シンポジウム資料, p1-7(2005)
- 7) 片山聖二: 高温学会誌, p198-200(2004)
- 8) W.M.Steen and K.G.Watkins: J. of Laser Applications, p9-20(1991)