

鉄鋼材料とアルミニウム合金のレーザ異材接合法

—重ね・突合せ同時1パス溶接法の開発—

大阪大学 接合科学研究所
レーザ応用工学研究センター

○片山 聖二、水谷 正海、松縄 朗
深津 憲一

Laser Welding of steel to aluminum alloy

-Development of one pass welding process due to simultaneous production of lap and butt joint-

by Seiji KATAYAMA, Masami MIZUTANI, Akira MATSUNAWA and Kenichi FUKATSU

1. 緒言

最近、工業製品の高機能化、高性能化、高品質化等への要望から、異種金属材料接合法に対するニーズが増加し、その開発と確立が期待されている。従来より、鉄とアルミニウムのように、金属間化合物が生成する異種材料の組合せは、一般に、接合が非常に困難であることが知られている。しかし、最近、鉄板側からレーザ溶接し、アルミニウム合金の溶融を制御する重ね溶接法やアルミニウム合金だけを溶融させ、金属間化合物層を薄く制御する重ね溶接法ではかなりの強度が得られることが判明した^{1)~4)}。なお、アルミニウム合金の溶融部を制御する重ね溶接法では、せん断強度に対して強いが、引裂き力に対して弱いという欠点がある。一方、鉄板にレーザを照射し、アルミニウム合金のみを溶融させる突合せ溶接も可能であるが、十分な引張強度が得られず、衝撃強度も低いようである。そこで、重ね溶接継手と突合せ溶接継手の欠点を補完するため、継手部に突合せ部と重ね部とを1パスの溶接で同時に形成させる接合法を考案した。本研究では、鉄鋼とアルミニウム合金のYAGレーザ溶接を行い、接合状態を材料学的に調査し、溶接継手の引張試験を行い、接合部の高強度化の可能性について検討した。

2. 使用材料と実験方法

使用材料は最も一般的な工業用冷間圧延鋼板SPCCとアルミニウム合金A5052である。その継手部の形状と溶接の状況および溶接部形状を模式的にFig. 1に示す。重ね部と突合せ部を持つ試料は通常の機械研磨で作製した。継手部はレーザ溶接前にアセトンで脱脂した。SPCC側からYAGレーザを照射し、下板のA5052合金板の溶融を制御するように重ね溶接を行い、さらに、突合せ部ではアルミニウム合金のみを溶融するような溶接を試みた。使用したレーザ装置は、2種類のYAGレーザ装置（最大出力：4 kWおよび6 kW）である。用いたレーザパワーは、約1.5~3 kWである。

3. 実験結果と考察

Arシールドガス中において種々の条件でYAGレーザ溶接を試みた。6 kW級YAGレーザにより溶接した継手部の断面（溶接方向に向かって観察）の一例をFig. 2に示す。当初の予想どおり、重ね部および突合せ部とも接合されていることがわかる。また、割れもない。次に、接合部の走査型電子顕微鏡写真とEDXで点分析を行った箇所をFig. 3(a)~(c)に示す。そして、点分析結果（wt%）をTable 1にまとめて示す。Feが多いSPCCはより白色で観察される。突合せ部は、A5052合金のみが溶融し、セルラーデンドライト状のミクロ組織が観察される。A5052溶融部には含有の不純物元素であるFeがミクロ偏析していた。さらに、高倍率の(b)から、接合界面には金属間化合物層が生成し、その膜厚は約2 μm以下である。金属間化合物の組成は、約68.3at%Al-31.7at%Feであり、金属間化合物は、FeAl₂またはFe₂Al₅もしくはFeAl₃相と推察される。一方、重ね溶融部は、接合部幅が約0.45 mmで、A5052合金側への溶込み（Fe成分の多い領域の食い込み）が約0.18 mmであることがわかる。重ね部では、主にFe成分であり、その境界部に上記と同様な組成の金属間化合物層が認められる。

引張試験を行った結果、通常、3500 N（40 mm）以上が得られ、良好な継手が作製できることが確認された。以上の結果より、本手法は融点差のある異材のレーザ接合に有効であることが判明した。

参考文献 1) 片山ら：本誌概要第61集，(1997)，376-377. 2) 藤井ら：本誌概要第61集，(1997)，380-381. 3) S. Katayama, et al. : Proc. of 5th Int. Conf. on Trends in Welding Research, Georgia, (1998)，467-472. 4) E. Schubert, et al. : Proc. ICALEO '98, LIA, (1998)，Section G, 111-120.

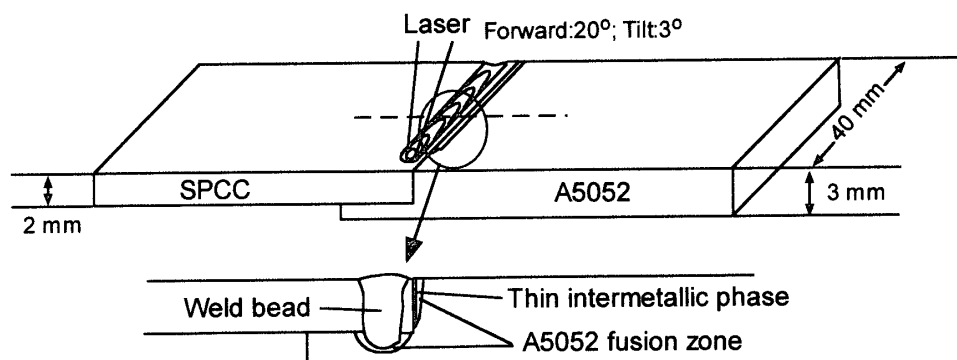


Fig. 1 Special joint geometry devised, and YAG laser welding situation.

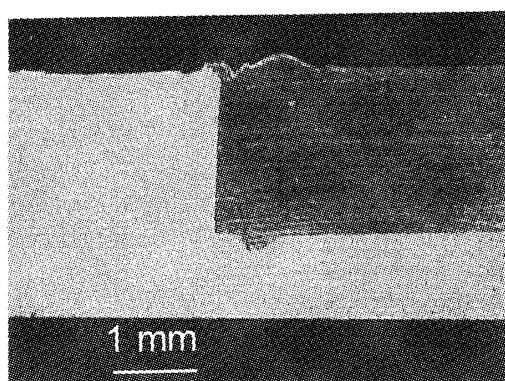
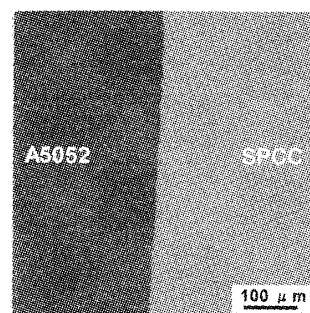


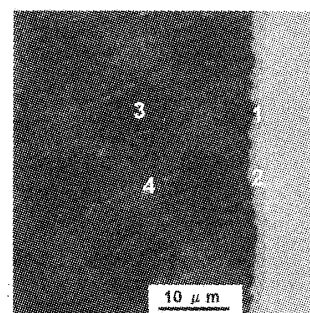
Fig. 2 Cross section of YAG laser welded joint between SPCC and A5052.

Table 1 EDX spot analysis results of base metals and joints.

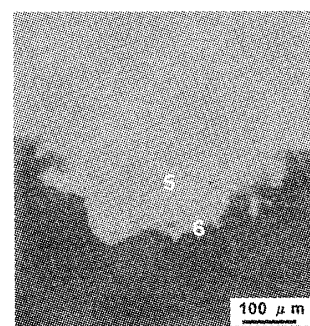
Spot analysis location	Al (wt %)	Mg (wt %)	Fe (wt %)
SPCC base metal	0.15	0.05	99.80
A5052 base metal	97.59	2.16	0.25
1-Interface (butt-joint)	51.95	0.06	47.99
2-Interface (butt-joint)	51.04	0.02	48.94
3-Cell in A5052 WFZ	97.86	2.04	0.10
4-Cell boundary	96.03	1.69	2.29
5-Weld fusion zone	0.64	0.00	99.36
6-Boundary	53.02	0.77	46.21



(a) Butt-joint part



(b) Magnified photo of butt-joint



(c) Lap-joint part

Fig. 3 SEM photos of cross sections of YAG laser welded joint between SPCC and A5052.