

高張力鋼への YAG レーザ - TIG ハイブリッド溶接の適用

水戸岡 豊, 村上 浩二, 国次 真輔, 日野 実,
五百川 晴義*, 小野 裕行*, 後藤 宏*, 片山 聖二**

Yutaka MITOOKA, Koji MURAKAMI, Shinsuke KUNITSUGU, Makoto HINO
Haruyoshi IOGAWA, Hiroyuki ONO, Hiroshi GOTO, Seiji KATAYAMA

キーワード ハイブリッド溶接 / レーザ溶接 / 高張力鋼 / 硬さ

KEY WORD Hybrid welding / Laser welding / High strength steel sheet / Hardness

1. はじめに

近年, 各産業で温室効果ガスの削減が推進されており, 特に輸送機器関連では, 燃費向上を目的とした車両の軽量化が重要な課題となっている。自動車用板金加工部品についても, 従来, 加工性に優れた軟鋼板が用いられていたが, 軽量化を図るために, 高張力鋼板によるロール成形品が適用されつつある。ロール成形品では, 曲げ加工後, 合わせ面の溶接が必要で, 製品の生産能力は溶接速度に依存する。レーザとアークとのハイブリッド溶接は, 溶接速度の高速化に対して有用であることはよく知られており, アルミニウム材料への検討例^{1), 2)}は多いが, 高張力鋼に対する検討例は少ない³⁾。

そこで, 本研究では, 高張力鋼板ロール成形品の溶接速度の高速化を目的とし, 780 MPa 級高張力鋼を R 加工した後, 合わせ部に対して YAG レーザ - TIG(tungsten inert gas)ハイブリッド溶接を行い, 溶接速度および溶接性に及ぼすハイブリッド化の影響を検討した。

2. 実験方法

供試体としては, 高張力鋼板((株)神戸製鋼製 JSC780Y(日本鉄鋼連盟規格 JFS A2001 1998))を用いた。鋼板の厚さは 1.6 mm で, 引張強度は 800MPa 程度である。ロール成形による曲げ加工の後, 曲げ部同士を図 1 の様に設置し, 図 2 に示す配置の熱源を用いて溶接を行った。本実験では熱源を固定し, 供試体を移動させ溶接を行い, レーザが先行する場合を YAG - TIG 溶接と呼び, TIG が先行する場合を TIG - YAG 溶接と定義した。TIG 溶接のアーク電流を 300A, YAG レーザの出力を 2.7kW とし, 熱源速度を 1, 3, 5, 7m/min で変化させ溶接を行った。また, 比較のために CO₂ アーク溶接ならびにレーザ単独溶接を行った。溶接後, ビード部の外観観察および硬さ分布測定を行った。なお, 硬さ測定は, ビッカース硬さ試験機を用いて, 試験荷重 0.1 kgf, 負荷時間 10 s で行った。

* アステア(株)

** 大阪大学接合科学研究所

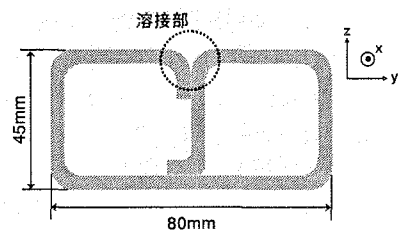


図 1 供試体の形状

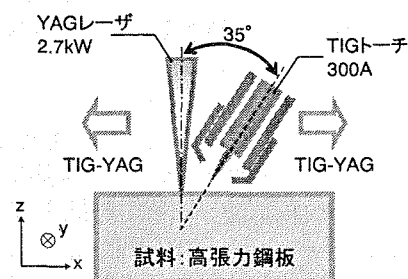


図 2 ハイブリッド溶接の概略図

3. 結果と考察

レーザ単独溶接では, 走査速度が 3 m/min までは良好なビードが形成され, その際, 溶接時のスパッタ発生は認められなかった。また, それよりも走査速度が速い場合にはビードは形成されなかった。一方, レーザ - TIG ハイブリッド化により, 溶接方向にかかわらず, 走査速度が 7 m/min までビードが形成され, 溶接速度の高速化に対してハイブリッドの効果が認められる。しかし, 溶接方向によって溶接時に発生するスパッタおよび得られる溶接ビードが大きく異なった。レーザ先行の YAG - TIG 溶接の場合, レーザ単独溶接の場合と同様にスパッタは発生せず, 良好な溶接ビードが得られた。それに対して, TIG 先行の TIG - YAG 溶接では, 走査速度にかかわらず, 溶接時には激しくスパッタが発生し, それに対応した不均一な溶接ビードが形成された。このように溶接ビード外観は, 同一条件であるにもかかわらず, レーザ先行と TIG 先行では大きく異なり, レーザ先行の YAG - TIG 溶接の方が発生するスパッタを抑制でき, 良好な溶接ビード外観が得られることがわかった。

各溶接部断面のビード中心部からの硬さ変化を図3に示す。CO₂アーク溶接(図3(a))では、溶接部および熱影響部の硬さ Hv は、200~260 であり、母材の平均硬さ 290 と比較し、低下した。レーザー単独溶接では、走査速度が 1 m/min の場合(図 3(b))、硬さ分布に大きな変化はなく、CO₂アーク溶接の際に見られた熱影響部での軟化は認められなかった。一方、走査速度が 3 m/min の場合(図 3(c))、溶接部の硬さは Hv350 ~400 へと上昇し、母材と比較し、Hv100 程度硬化した。さらに、熱影響部(1)において、硬さが急激に低下し、熱影響部(2)では母材よりも Hv50 程度軟化した後、母材の硬さに至った。

次に、レーザー先行 YAG - TIG 溶接では、走査速度が 3 m/min の場合(図 3(d))、硬さの変化は緩やかで、レーザー単独で走査速度が 1 m/min のそれとほぼ同様であった。また、走査速度を 7 m/min と速くした場合(図 3(e))、溶接部の硬さは Hv 400 を上回る硬化領域が形成され、熱影響部(1)で硬さが低下し、熱影響部(2)では母材の硬さよりも若干低下し、母材に至った。

ここで、レーザー単独で走査速度が 3 m/min の硬さ分布と YAG - TIG 溶接で走査速度が 7 m/min のそれを比較すると、溶接部での硬さ分布および熱影響部(1)の硬さが低下する遷移層に差異が認められる。YAG-TIG 溶接では、溶接部の硬さは中心部から徐々に低下し、熱影響部(2)の硬さへと移行しており、レーザー単独の際に見られた急激な硬さの低下は認められない。このようにハイブリッド溶接では入熱量を制御することが可能なため、溶接部での緩やかな硬さの変化を実現することが可能となる。

4. おわりに

R 加工を施した高張力鋼の合わせ部に対して YAG レーザ - TIG ハイブリッド溶接を行い、溶接速度および溶接性に及ぼすハイブリッド化の影響を検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) YAG レーザに TIG をハイブリッド化させることで、レーザー単独よりも 2 倍以上速い溶接速度が得られた。
- (2) YAG レーザ - TIG ハイブリッドでは、スパッタの発生状況および溶接性がレーザー先行と TIG 先行で異なった。これは、TIG 電極の配置によるシールドガスに起因すると推測され、ハイブリッド溶接では、熱源配置とシールドガスの流れを十分に考慮する必要がある。
- (3) YAG レーザ - TIG ハイブリッドでは、アークあるいはレーザー単独と比較し、入熱量および熱源密度の両者の制御ができる。そのため自由度も増し、高張力鋼などの焼入れ感受性の高い鋼に対して組織および硬さの制御が可能になる。

参考文献

- 1) 内海 怜, 王 静波, 水谷 正海, 本宮 紀典, 藤井 孝治, 片山 聖二: 第 62 回レーザー加工学会論文集, (2004), 10-18.
- 2) 江口 法孝: レーザ・アークハイブリッド溶接のアルミニウム合金への適用, 溶接技術, 51, (2003-7), 79-83.
- 3) 内原 正人, 泰原 正則, 福井 清之: 第 62 回レーザー加工学会論文集, (2004), 29-36.

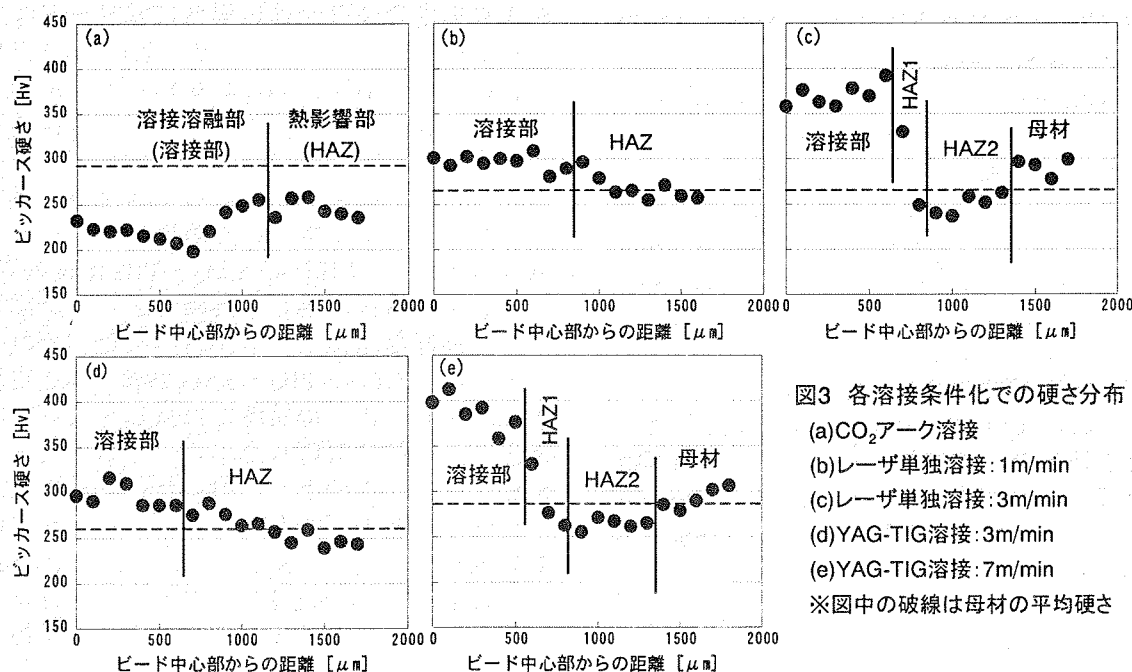


図3 各溶接条件化での硬さ分布
 (a)CO₂アーク溶接
 (b)レーザー単独溶接:1m/min
 (c)レーザー単独溶接:3m/min
 (d)YAG-TIG溶接:3m/min
 (e)YAG-TIG溶接:7m/min
 ※図中の破線は母材の平均硬さ