

126 薄板ステンレス鋼板のYAGレーザー溶接の研究

福島県ハイテクプラザ ○藤井 正沸、 佐藤 善久

YAG Laser Welding of Stainless Steel Thin Plates

by M.Fujii and Y.Sato

1. 緒言

板金製品に用いられている薄板ステンレス鋼板は成形性が高い一方、溶接歪が大きく低入熱で溶接歪の少ないレーザー溶接法の適用が期待される分野である。近年、大出力レーザーの開発が行われ、溶接の自動化や省力化技術として高い効果が期待されている。その一方でプレス成形品では、高い開先精度が必要と考えられているレーザー溶接の適用が慎重になっている。レーザー溶接法のスポット部はたいへん小さく、これより小さい加工精度の誤差が溶接に大きく影響することから、これらの製品を溶接するための継手開先の精度においても十分検討を加えることは重要である。ここでは板厚1.5mmのステンレス鋼板の突合せ溶接を対象に、基本的なレーザー溶接法の裏波溶接が可能なルートギャップの許容度（ギャップ裕度）について調べた。実験では、SIファイバを用いた高出力YAGレーザー溶接法でフィラワイヤの供給を行ない、入熱とルートギャップに対する継手強度の比較を行ったものである。

2. 実験方法

実験には、板厚1.5mmで150×100mmのSUS316Lステンレス鋼板を供試材に用い、150mmの溶接長をI型突合せ継手とした。継手部の開先はフライス盤により、ルートギャップ(G)が0, 0.2, 0.4, 0.6mmとなるよう加工を施した。Fig. 1に示した原理により、φ1.0mmのSIファイバーで誘導された高出力YAGレーザー(1.8kW, CW)を試験材表面に集光して(集光スポットサイズ: φ0.6mm, エネルギー密度: $6.76 \times 10^5 \text{W/cm}^2$)、溶接速度を30, 20, 15mm/sとして溶接を行った。これら継手にφ0.8mmのフィラワイヤ(SUS316L)を、各種の速度で供給した場合の溶接継手の引張強度を調べ、ギャップ裕度を求めた。

3. 実験結果

板厚1.5mmのSUS316Lステンレス鋼板の突合せ継手を溶接するためのYAGレーザーの溶接条件を調べた結果から、裏波ビードを形成できる投入熱量に対する裏波ビード幅の関係を調べたものがFig. 2である。投入入熱30J/mmから130J/mmまでが裏波溶接の可能な範囲で、これを超えると溶け込み不足やビードの溶け落ちが発生するが、実用的な溶接条件範囲はかなり広い。実験では、このデータ

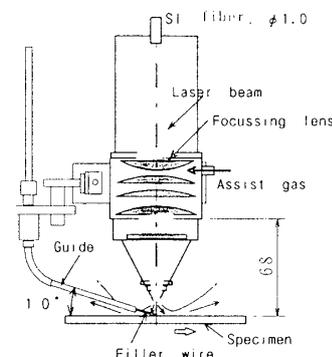


Fig. 1 Experimental setup

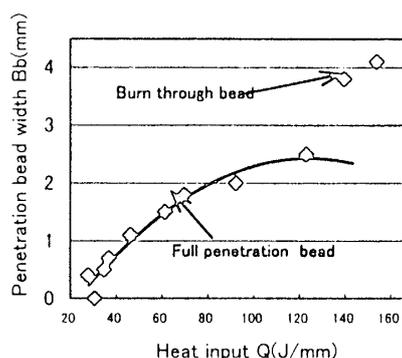


Fig. 2 Penetration bead width for experimental condition

から投入熱量 61, 92, 123J/mm を設定した。

ギャップ裕度を調べる上で、溶接速度 (V_w) に対するフィラワイヤの供給速度の比を V_r として、 $G=0.6\text{mm}$ における溶接継手の引張強さを調べた結果が Fig. 3 である。 V_r が約 1 で溶接継手が母材強度まで達している。これは、ルートギャップへフィラワイヤが供給され、溶着金属によってアンダーフィル状態が改善されるためである。また、フィラワイヤの供給速度が約 60mm/s ($V_r=2$, $V_w=30\text{mm/s}$) 以上で継手強度が低下する。これは、フィラワイヤが直接ビームスポット部を遮る割合が高くなり、供試材の溶込み不足 (Fig. 4) が発生するためである。

溶接継手強度が母材強度の 90% 以上となる V_r の範囲を各 G で調べた結果が Fig. 5 である。溶接速度を低下 (投入熱を増加) させることで、フィラワイヤの供給率が増加し、 V_r の範囲が広がる。ここで、溶接継手が母材強度の 90% 以上となったのは、フィラワイヤ無し ($V_r=0$) では $G=0.2\text{mm}$ まで、またフィラワイヤを供給 ($V_r=1$) することで $G=0.6\text{mm}$ までとなっている。しかし、これらにおいてはルートギャップを埋めるために必要な量のフィラワイヤが供給されておらず、ややアンダーフィルの断面形状 (Fig. 6) を有する継手となっている。そこで、それぞれの V_w における V_r の上限側最小値での $G=0.34V_r$ の点をギャップ裕度と考えている。その結果、ギャップ裕度として実験範囲の最大値である 0.6 mm を得る事ができたのは、 $V_w=30\text{mm/s}$ 以下の溶接速度と考えられた。また、溶け落ち限界の $V_r=1.5\text{mm/s}$ においては、 $V_r=3.8$ までフィラワイヤを供給しても 0.6 mm 以上のギャップ裕度 (機構的に可能であれば 1.29mm と推定) が得られた。この条件における投入熱は 61J/mm から 123J/mm となっており、板厚 1.5mm の突合せ継手に対してフィラワイヤを供給することで、ルートギャップ 0 から 0.6mm までを母材並の強度で溶接できることがわかった。

4. 結言

板厚 1.5mm の突合せ継手においては、 $\phi 0.8\text{mm}$ のフィラワイヤを供給し、低速 (大入熱) で溶接することで、実験の範囲である 0.6mm のルートギャップに対しても十分な裕度を有していることがわかった。

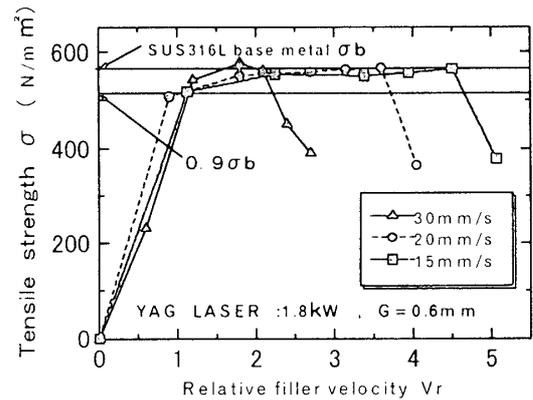


Fig. 3 Tensile strength of square butt joints supplied filler wire

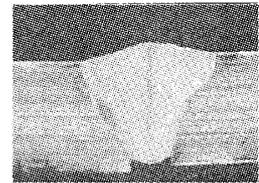


Fig. 4 Cross section of partial penetration bead

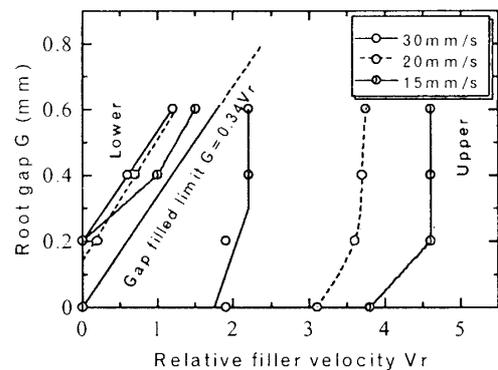


Fig. 5 Gap tolerance welded square butt joint for YAG laser

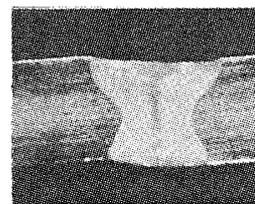


Fig. 6 Cross section of Under filled bead