

車体作りへプラズマ溶接の適用とレーザー溶接適用範囲の拡大

原田 廣二 車両事業本部 研究開発部

1. はじめに

レーザー溶接を適用した車両の特徴については、すでにKSワールドVol.12に紹介しているが、従来のスポット溶接構造の車両と比べ、

- 1) 相当曲げ剛性が向上される
- 2) 荷重負荷による外板の変形が少ない
- 3) 外板表面にはスポット溶接の圧痕が無く、きれいな外観となる

などの特長を有している。

鉄道車両の車体製造において、新たな接合技術としてレーザー溶接を適用してから1年余りが経過しており、これらの長所をさらに生かすために、第2ステップとして、レーザー溶接の適用範囲を拡大することが命題となっていた。

このたび、車体外板の分割位置およびその接合方法などについて検討し、側構体全体にレーザー溶接を適用した車体を完成することができたのでその概要を述べる。

2. レーザー溶接の適用範囲および外板分割位置の変更

レーザー溶接を最初に適用した車両(図1)では、

- 1) 車体強度の向上
- 2) 乗客の目線位置の美観向上

を主眼として、レーザー溶接は図1に示す幕板部(窓上部)を除く、着色部に適用していた。側構体の外板分割は、従来のステンレス車両と同様に窓ブロックは2分割、幕板部は1枚物とし、側構体については、窓ブロックを構成する外板、窓フレーム、骨部材をレーザー溶接で組立てた後に、幕板、窓ブロック、出入り口フレームをスポット溶接で結合していた。

車体強度をさらに向上させるとともに車体側面の美観の向上をはかり、幕板部を含む着色部(図2参照)をレーザー溶接の適用範囲とするには、既存のレーザー溶接設備の能力(可動範囲)の制約から幕板部については分割せざるを得ない。そこで幕板を接合するために、レーザー溶接を除く連続溶接法で溶接歪が最少となる溶接法につ

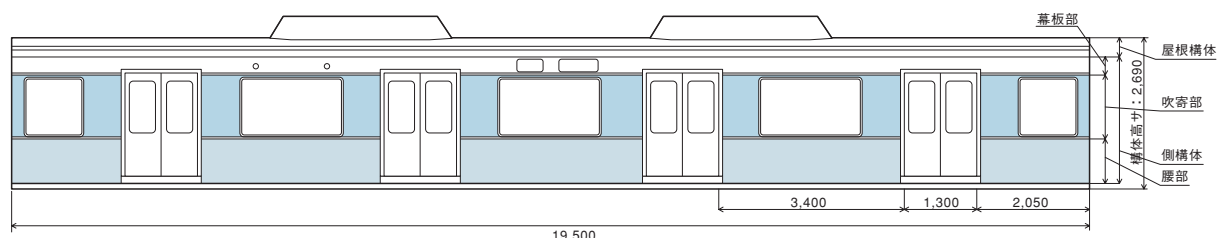


図1 レーザー溶接を最初に適用した車両

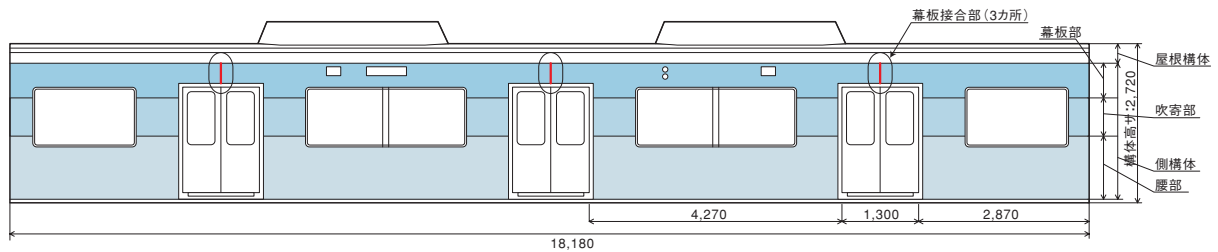


図2 レーザー溶接を側構体全体に適用した車両

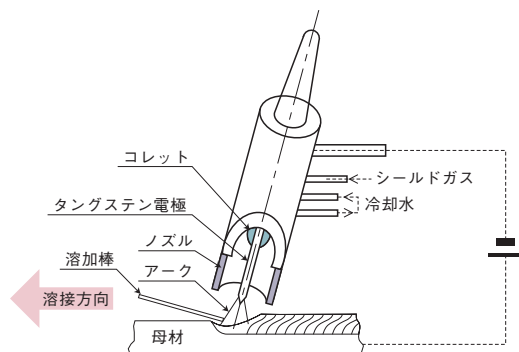


図3 TIG溶接説明図

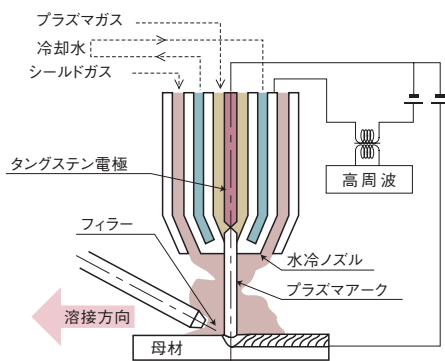
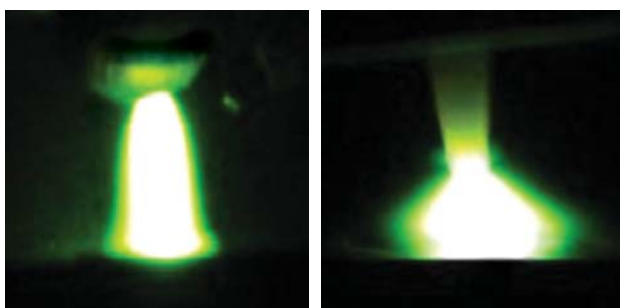


図4 プラズマ溶接(フィラー供給)説明図



(1) プラズマアーク (2) TIGアーク

図5 アークの形状比較

いて検討した結果、後述のように幕板のつなぎ溶接にプラズマ溶接を採用することで、歪の少ない溶接施工に目途がたった。

今回の車両(図2)では、幕板部については4分割、幕板部を除く部位については、省資源の観点から窓開口部を加工する際に発生する端材(スクラップ)を最少にするために吹寄部と腰部に分割し、各ブロックは幕板部を含め4枚の外板構成とした。側構体は、窓ブロックを構成する外板、窓フレーム、骨部材をレーザー溶接で組立て、各ブロックは幕板部をプラズマ溶接で接合し、その後、出入り口フレームなどをスポット溶接で取付けることとした。

3. 溶接法について

溶接時にスパッタの発生が少なく、美しいビード外観が得られるアーク溶接法としてはTIG溶接、プラズマ溶接があり、TIG溶接は図3に示すように、アルゴンまたはヘリウムなどの不活性ガス雰囲気中でタングステン電極と母材間にアークを発生させ、この熱を利用して母材と溶加材あるいは母材のみを溶融させて溶接する方法である。薄板では溶加材を用いない場合が多いが必要に応じて溶加材が用いられている²⁾。

プラズマ溶接法は図4に示すように小口径ノズルを通してタングステン電極と母材の間にアークを発生させる溶接法である。アークには冷却されると収縮する特性があり、プラズマ溶接では、小口径ノズル(水冷式)およびプラズマガスで冷却されアークが細く絞られるため、その拡がりはTIGアークの1/4程度(図5参照)となり、エネルギー密度の高いアークが得られる。したがって、溶接ビード幅が狭く、溶け込みの深い溶接が可能であるとともに熱影響範囲も狭いため溶接歪が少ない溶接法である^{1), 2), 3)}。

Technical Report

表1にTIG溶接と比較したプラズマ溶接の特徴を示す²⁾。

4. 溶接法の検証

前項表1の長所のうち、ステンレス車体の幕板つなぎ溶接で必要条件となる

- ビード幅が狭く、溶け込みが深い
- 熱影響部、歪が少ない

についての確認と実用性を検証するために溶接施工試験を行った。その結果図6、図7に示すように歪の発生も少なく、良好な溶接品質を得ることができた。また、ルートギャップの変動(1~3mm)に対する裕度についても溶加材を溶接部へ供給することで対応可能(図8、図9参照)であり、電極の消耗も少なく、自動化に対応できることから幕板のつなぎ溶接にプラズマ溶接を採用することとした。

5. 結果

幕板部を含む側構体全体へのレーザー溶接適用と幕板部のつなぎ溶接にプラズマ溶接を採用したことにより、図10に示すように歪の少ない車体を製作することができた。また、側構体全体へレーザー溶接を適用したことにより、車体強度および車体側面の美観を向上させることができたものと確信している。

6. 今後の課題

今後も継続して、レーザー溶接の適用範囲の拡大をはかるとともに、

- 溶接歪の発生が少ないプラズマ溶接を車両部品製作に適用
- 溶接ビード仕上げ(ステンレス表面化粧仕上を含む)の自動化

を進め、さらに品質のよい車両作りを展開したい。

表1 プラズマ溶接の特徴

長 所	短 所
1. アークの集中度が高い 2. ビード幅が狭く溶け込みが深い 3. 熱影響部、歪が少ない 4. 溶接速度の高速化が可能	1. 装置がやや高価 2. 溶接パラメータが多い 3. 継手精度が厳しい 4. 消耗部品が多い



図6 溶接サンプルA(ルートギャップ2mm)



図7 溶接サンプルA拡大

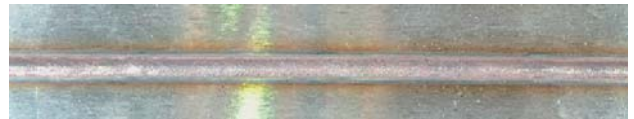


図8 溶接サンプルB (ルートギャップ4mm)



図9 溶接サンプルB断面



図10 完成構体幕板接合部

《参考文献》

1. 溶接学会：『第2版 溶接・接合便覧』
2. 日立精工(株) 三田常夫：溶接技術 1997年2月号『ティグ溶接・プラズマ溶接・YAGレーザー溶接の特徴と使い分け』
3. 日鐵溶接工業(株) 園田弘文・椎名康廣：溶接技術 1997年2月号『最近のプラズマ溶接とその適用』