

sustina 車両側構体の量産化について

Manufacturing Method of the Side Structure of “sustina”

側垣 正 Tadashi SOBAGAKI
室橋 強 Tsuyoshi MUROHASHI
門脇 文俊 Fumitoshi KADOWAKI
越川 純 Jun KOSHIKAWA
大塚 広貴 Hirotsuka OTSUKA

sustina 車両は外板を繋ぐセギリ、窓や出入口のフレーム類による凹凸を少なくした外観デザインが特徴である。2013 年度の第 1 号車製造以降、実現しなかった平滑な外観を持つ側構体の製造ラインを 2015 年度に設置した。そこには sustina 第 1 号車で得た知見や技術を生かしている。本稿では側構体における各製造工程に沿って、そこで用いる設備や工法について解説する。

1 はじめに

2013 年度、東急電鉄に第 1 号の sustina 車両⁽¹⁾を納入した。その側構体は外板同士を突合せ溶接に変更し、出入口、窓周囲の凹凸もなくした平滑な外観を実現していた。

しかし、その量産化にあたっては課題があり、その後の sustina 車両では平滑な外観を実現することができなかった。

2015 年度、構造と製造手順の見直しにより、量産における課題を解決し、平滑な外観を実現できる sustina 車両側構体の量産設備を導入した。

本稿では sustina 側構体における各製造工程に沿って、そこで用いる設備や工法について解説する。

側構体の組立手順は以下の通りである。

(1) レーザ溶接を用いた側外板の突合せ溶接（出入口上部で分割したブロック単位）

並行して車端、出入口間の骨組みブロックを製作

(2) 外板結合部の仕上げ

(3) 抵抗スポット溶接を用いた骨組みブロックと外板の接合

(4) 側総組立（ブロック同士の結合）

(5) レーザ溶接を用いて出入口や窓周囲の隅肉溶接

当社はこれまで、一部の側外板や屋根板の接合に対し、レーザを用いた突合せ溶接を積極的に採用してきた。レーザ溶接は、従来の TIG 溶接や、MIG 溶接よりも入熱量が格段に少なく、歪みがほとんど出ないため、外観品質が向上した。また、施工後の修正作業も不要であるため、生産性向上と工数低減ができた。さらに、手作業による薄板の突合せ溶接には高い技能が必要だったが、自動化の実現により、技能レスも実現している。

しかし、レーザ溶接による良好なビードを得るためには、材料同士の目違いや隙間の管理を厳しく行わなければならない。鉄道車両の側外板の溶接線は数メートルになるため、全長に渡って目違いや隙間をなくすことは非常に難しい。従来はそれらを目視や手で触れた感触により、その状態を手で修正しながら施工していたため、1 枚あたりの施工にかなりの時間を費やしていた。

2015 年度、外板突合せ溶接専用の設備を導入した（図 1 参照）。この設備は溶接部における材料同士の目違いや隙間をセンサによって計測し、良否判定を行う。その結果を基に自動的に修正できるものは設備が修正し、できないものについては人が修正を行ってから施工を行うことにより、生産性が向上し、材料の無駄も最少にすることができた。



図 1 レーザ溶接設備

2 側構体製造工程について

2. 1 外板の接合工程

sustina 車両の側外板は戸袋部で上下 2 分割になっている。まず、レーザ溶接を用いて上下の板の突合せ溶接を行う。

2. 2 外板突合せ溶接部の仕上げ工程

レーザ溶接により外板を突合せ溶接した後、外板を正転（車外側が上）し、溶接部を周囲の母材の外観に近い状態にするための仕上げ作業を行う。

従来、突合せ溶接部の仕上げ作業は100%手作業で行っていたが、高い技能が必要なおうえ、作業者によるばらつきも発生していた。そこで技能レスと品質の安定化を目的に自動研磨設備を導入した。

本装置は外板に対する加圧力、研磨ベルトの回転速度やその送り速度等を任意に変更できる。

仕上げ条件の決定にあたっては、sustina第1号車で得た知見を深度化し、そこに現場作業者のノウハウを付加した。結果的に図2のような母材の外観に溶け込むような仕上げ状態を実現できた。

さらに自動化と作業手順の統一により、作業者が変わっても、ほぼ同じ外観品質を得られるようになった。

この自動研磨設備による外観品質と仕上げ作業時間は前述の突合せ溶接の出来栄への影響を大きく受ける。突合せ溶接部に目違いがあると、研磨ベルトが外板に対して触れない部分が出るため、その場所が図3のように筋として残る。この筋を消すには外板をさらに削り込む必要があるため、それだけの追加作業が加わり、さらに外板の強度低下も招く。したがって、外板の溶接工程では目違いに対して細心の注意を払う必要がある。

また、加圧力や回転速度等のパラメータを統一しても、研磨材の磨耗状態によって、外観が変わってしまう。常に同じ外観を得るためには、使用時間や距離等で研磨材の管理をする必要がある。

仕上げの良否に対する判断については当面の間、限度見本を製作し、それと比較する官能検査に依ることになるが、いずれ自動的に判定する機能を付加したいと考えている。



図2 仕上げた外板

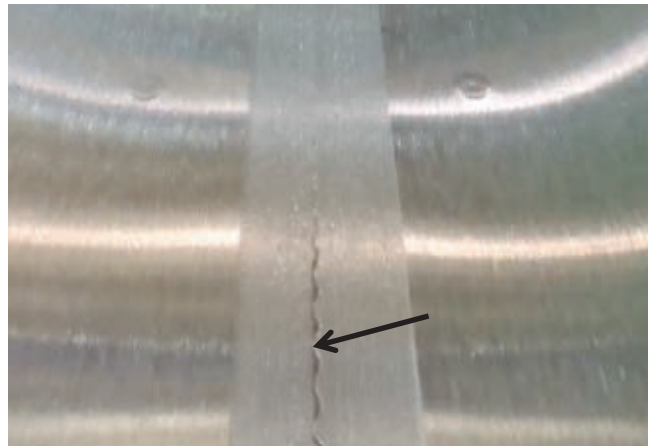


図3 目違いによる仕上げムラ

2. 3 外板と骨組みの結合工程

外板を結合し、突合せ溶接部を仕上げた後、自動スポット溶接設備を用いて、銅定盤の上で外板と骨組みブロックや外板補強等を結合する（図4参照）。

sustina側構体の量産化にあたり、自動抵抗スポット溶接設備も更新した（図5参照）。この設備はエアシリンダによる加圧機構を用いて、板厚組合せに応じた適切な加圧力を与えることができる。これにより圧痕の改善を目指している。

図6はSUS301L-1/4H厚さ1.5mmの外板とSUS301L-H厚さ0.8mmの外板補強の組合せにおける、従来の抵抗スポット溶接部の圧痕と、新自動抵抗スポット溶接設備による溶接部の圧痕の外観写真である。新設備の圧痕の方が従来のものよりも直径が小さいが、ナゲットの溶け込み深さと直径はJRISの規定値を満たしている。

しかし、圧痕は小さくなったが、焦げ付きはなくならないため、電解作業はなくなっていない。

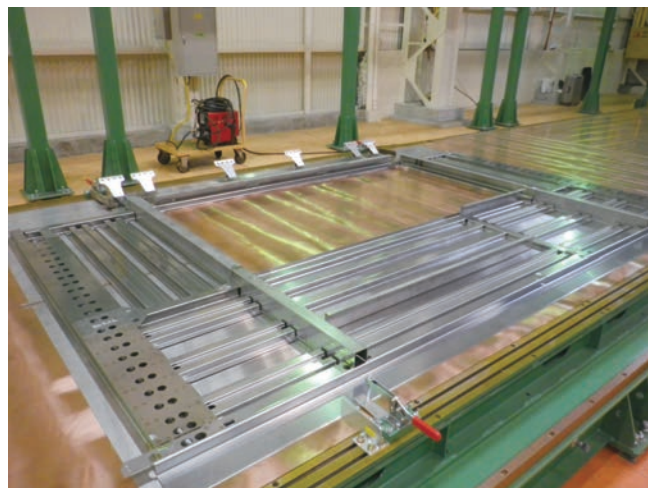


図4 銅定盤上の試作側構体



図5 側自動スポット溶接設備

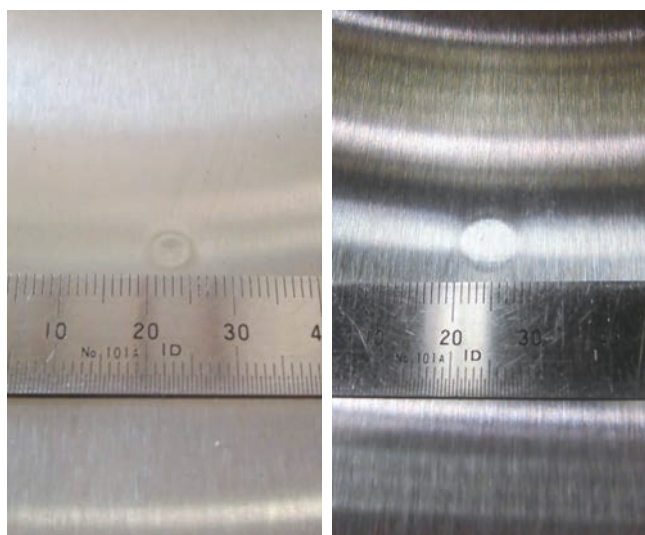


図6 圧痕外観写真（左：新設備，右：従来機）

2. 4 側構体総組立工程

出入口開口ごとに組み立てられた側ブロックは組立工程で結合され、側構体になる。sustina第1号車では、20mもの銅板上で側構体にしたが、1ステージにおける滞留時間が長くなってしまうため、量産車からは従来通り、出入口間のブロックごとに製造し、総組立工程で出入口上部で結合することにした。

2. 5 出入口部、窓部の隅肉溶接工程

最後に出入口部と窓部の隅肉溶接を行う。sustina側構体は、平滑な外観を得るために、従来、車外側から取り付けられている出入口フレームや窓フレームが車内側に入っている。したがって、雨水等が外板とフレームの隙間から浸入したり、剥き出しになった外板の端部にお客様が手で触れて怪我をしたりといった可能性があるため、出入口周囲、窓周囲に対し、レーザ溶接で隅肉溶接施工する（図7参照）。

sustina第1号車ではロボットの先端にレーザ加工ヘッドとセンサを取り付け、隅肉溶接を行ったが、20mの可動範囲を持つ設備は場所を取るうえ、全開口部のティーチング作業、あるいはその修正作業は非常に手間のかかるため、ハンドトーチ型⁽²⁾のものに変更した。ハンドトーチ型のレーザはセットも扱いも非常に簡単だが、隅肉溶接部（図8参照）に対する狙いは非常にシビアであるため、トーチの角度を一定に保つ補助具が必要になる。

課題は外板とフレームをとめるための抵抗スポット溶接の歪によって発生する隅肉溶接部の隙間である。隙間の状態によっては全く溶接できないことがあるため、その管理は非常に重要である。



図7 試作構体を用いたハンドレーザの練習の様子

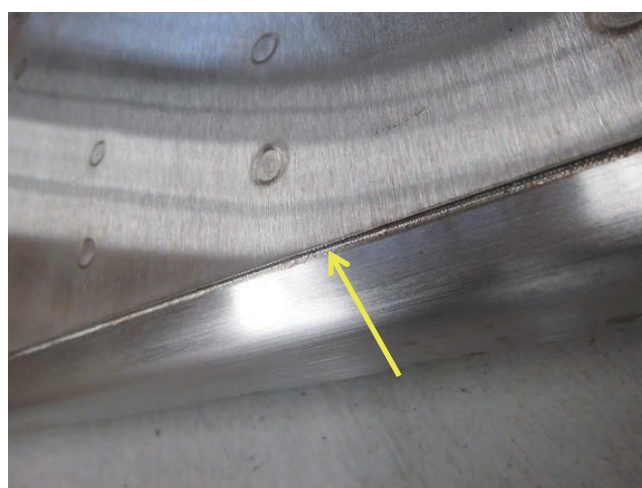


図8 溶接ビード（矢印先端）

3 おわりに

sustina車両の側構体量産化について、製造工程順に製造設備も併せて紹介してきた。この側構体量産設備の構築にあたってはsustina第1号車で得た技術やノウハウを生かし、設計や、工順、工法の見直しを行った。

特に外板の突合せ溶接工程と外板仕上げ工程については、外観品質だけでなく、大幅な生産性向上を実現できた。これらの工程を量産に乗せることができたことは、他社との差別化をするうえで大きな意味を持つ。

今後は量産ラインを運用しながら、さらなる安定化と生産性向上を目指す。

参考文献

- (1) 浅賀哲也，他：「sustina国内第1号車両の開発」，総合車両製作所技報 第2号，4-11，(2013)，(株)総合車両製作所
- (2) 遠藤翔太，他：「ハンドトーチ型レーザによる水密溶接技術の開発」，総合車両製作所技報 第4号，46-51，(2015)，(株)総合車両製作所

著者紹介



側垣 正
生産本部
生産管理部（生産技術） 主査



室橋 強
生産本部
生産管理部（生産技術） 課長



門脇文俊
生産本部
生産管理部（生産技術） 課長代理



越川 純
生産本部
生産管理部（生産技術）



大塚広貴
生産本部
生産管理部（生産技術）