

レーダー指示機筐体におけるスポット溶接技術

Spot Welding Technology for The Housing of Radar Command Devices

大田 朋永 伊藤 英司
Tomonaga Ohta Eiji Ito

要 旨

当社は、板金加工・機械加工を行うために各種工作機械を保有し、部品加工から表面処理までの一貫生産を行っている。海上機器製品の板金・機械加工においても、Q（品質）・C（コスト）・D（納期）の顧客満足度を高めるために、常に、改善意識を持ち、最適な加工方法、加工工程を追及し生産性の向上を図っている。本稿ではレーダー指示機筐体の生産における当社独自のスポット溶接技術の概要について述べる。

Abstract

JRC has various types of machine tools for sheet metal processing and machinery processing, so that it can carry out all the steps of manufacturing, from parts processing to surface processing. In order to raise our customers' satisfaction with the Quality, Cost, and Delivery time (QCD) of our maritime devices, JRC is constantly searching for ways to make improvements in its sheet metal and machinery processing, considering the most suitable processing methods and steps, and striving for higher productivity. This paper gives an outline of JRC's exclusive spot welding technology used for manufacture of the housing for radar command devices.

1. まえがき

当社で生産している海上機器、船舶レーダー指示機筐体の生産における、スポット溶接工程の改善活動を紹介する。この製品は船内に設置される機器であることから、その環境下に長期間に亘って耐えられる信頼性が必要となる。本稿では代表機種である大型レーダー指示機（JMA-9100）を例に挙げ、その製造技術について述べる。

2. 指示機の概要

2.1 大型レーダーの構成

船舶用大型レーダーは、船外装置の空中線と船内装置の指示機で構成される。図1に構成を示す。

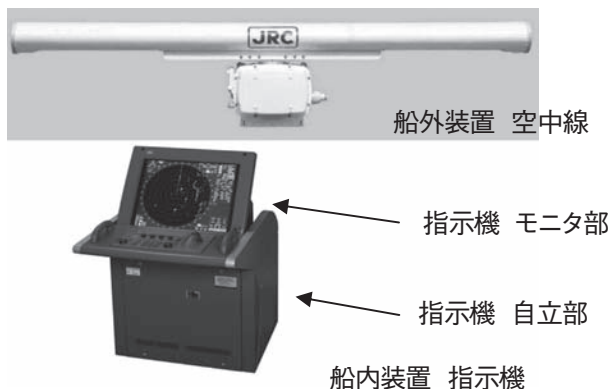


図1 JMA-9100の構成

Fig.1 JMA-9100 Configuration

2.2 スポット溶接施工部位

スポット溶接を施す部位は、指示機自立部の左右側面と内部に装着される部品である。図2に左右側板、図3に内部装着部品を示す。

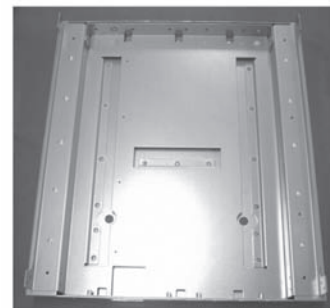


図2 左右側板

Fig.2 Left and Right Side Plate



図3 内部装着部品

Fig.3 Parts inside Mounting

3. スポット溶接

3.1 スポット溶接の原理

スポット溶接は高温圧接の中で最も多く用いられている代表的な加工法である。接合したい2枚の板材を上下より銅合金の電極で挟み、そこに電流を流すことで板材にジュール熱を発生させ、その熱により板材を溶融し接合する方法である。

1秒に満たないごくわずかな時間で接合金属を発熱、溶融し接合するので、素材への熱ダメージが少なく、加工時間も短いので、自動車産業をはじめ、多くの構造体の接合に用いられている。

しかし、外側から容易に接合部分の良否が確認できないことから、適切かつ管理された溶接条件、設備環境のもと作業を行わなければ、安定した信頼性の高い品質は維持できない。

図4にスポット溶接の概念を示す。

ナゲットと呼ばれる基石状の部分が、溶融凝縮し接合された部分となる。溶接品質は、このナゲットの形状、大きさ、内部の空洞などにより大きく左右される。

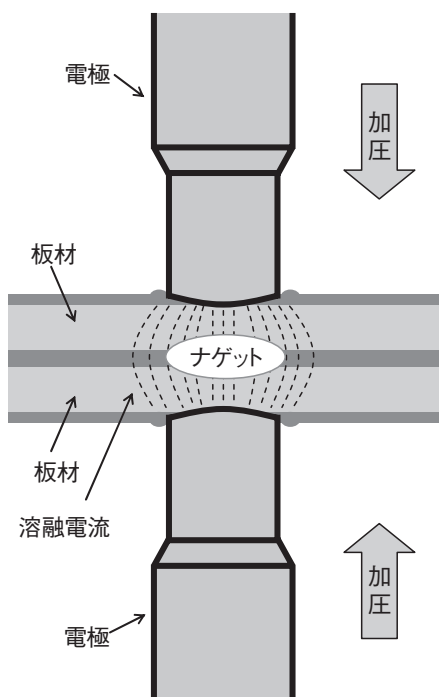


図4 スポット溶接の概念図
Fig.4 Concept of Spot Welding

3.2 素材特性

指示機を構成する板材には、クロムフリーの溶融めっき銅板を使用している。一般的に処理銅板は、低融点金属であるめっき層の影響を受けるため、裸銅板に比べて溶接性が低下する。スポット溶接においては、特にめっき金属と銅合金製の電極が合金化する現象が見られる。

このため電極先端が合金化により損耗するため、裸銅板溶接時に比べ電極の寿命が著しく短くなる。

従って本材料の溶接において、適正な電流密度を維持す

るためには電極の整形・修正を頻繁に行わなければならないという、生産上の課題があった。

4. 溶接条件の改善

海上機器製品は長時間にわたり、振動を受け続けるため、スポット溶接部位も安定した接合が求められる。安定した品質を確保し、信頼性の高い製品を生産するためには、設備の適切な維持管理はもちろんであるが、電極形状・電流値・通電時間・加圧力の4条件が適切に組み合わせられることが不可欠である。

4.1 溶接条件の最適化

溶融めっき銅板は、通常の裸銅板に比べて、溶接条件の適正領域が狭い。高電流条件で溶接を行うと、激しい爆飛を伴い、溶融した素材が周囲に飛び散ってしまう。更に溶接時の熱で沸点にまで達しためっき成分が爆飛を大きなものになっている。これは外観品質や熱歪みによる変形などの問題ばかりでなく、作業上大きな危険を伴う。図5は爆飛の瞬間を捕らえたものである。



図5 溶接時の爆飛
Fig.5 Explosion Welding

また爆飛、ちりを抑えるために低電流条件にすると、急激に接合強度が低下する。

スポット溶接を施した製品は破壊試験を実施しなければ品質の良否が判定しにくく、溶接品質は溶接条件に頼るところが大きい。安定した溶接品質を確保するため、溶接条件の設定には、細心の注意を払い、量産加工時の作業においても接合品質が維持されるように、JIS規格はもとより、より管理基準の高い規格の一部もテスト時の項目として取り入れ、条件抽出を行った。

従来手法に比べて、接合部の引っ張り強度を低下させずに電極の長寿命化、整形・修正作業回数の削減を図るために様々な電極形状・電流値・通電時間・加圧力でのテスト溶接と引っ張り試験を繰り返し行った。その結果、従来に比べて飛躍的に連続打点数が増加し、電極整形・修正回数も大幅に削減できる溶接条件を導き出すことができた。図6に引っ張り試験の様子を示す。

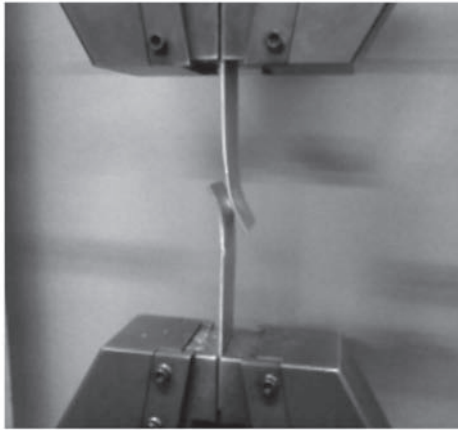


図6 引っ張り試験
Fig.6 Tensile Test

図7に従来手法による連続打点数と接合部引張強さの関係を示す。

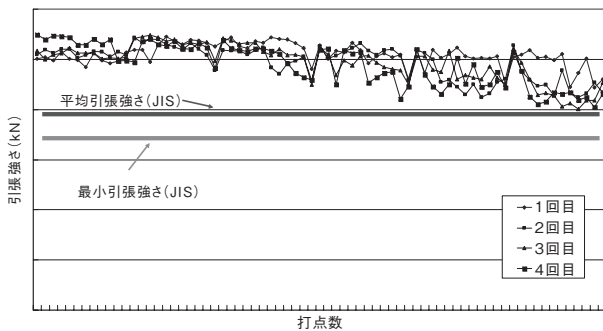


図7 連続打点数と接合部引張強さ (従来手法)
Fig.7 The Tensile Strength of Welded Joints and Continuous (Conventional Method)

従来手法では、打点回数を重ねると顕著に引張強さは低下する。また、引張強さのばらつきも大きい。図8に溶接条件確立後の連続打点数と接合部引張強さの関係を示す。

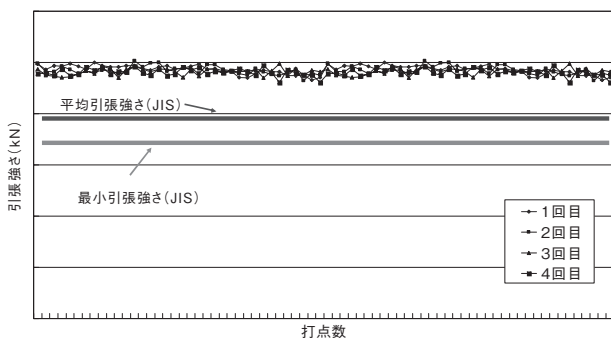
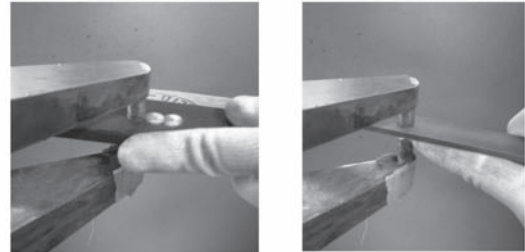


図8 連続打点数と接合部引張強さ (新手法)
Fig.8 The Tensile Strength of Welded Joints and Continuous (New Method)

電極形状・電流値・通電時間・加圧力を最適化した結果、接合された溶接部位の引張強さは、一定の連続打点回数まで引張強さが低下することなく、JIS規格に対して十分余裕を持ち、安定した引張強さを確保することが可能となった。

4.2 電極整形・修正の効率化

電極形状は当社で使用頻度の高い形状を採用し、その形状に適した溶接条件で作業を行っていたが、前述の図7のように強度低下が激しく、連続打点数が極端に少ないため、電極先端を頻繁に整形・修正する必要があった。このため、作業時間の8割以上を電極の整形・修正作業で占めていた。図9に従来の電極整形・修正の様子を示す。



電極整形 電極修正

図9 電極整形・修正作業
Fig.9 Dressing and Modifying the Electrode

この作業時間を短縮するために、電極形状に工夫を加えると共に電極整形・修正に用いていた工具を空圧式の自動機に変え作業効率の向上を図った。

以上の結果、レーダー指示機筐体におけるスポット溶接の接合強度において必要十分な強度を確保し、且つ、従来以上に高い品質安定性を保ちながら、飛躍的な生産性の向上を図ることができた。

5. あとがき

製造工程の一つである、スポット溶接を紹介したが、今後も更に高い信頼性を確保し、低価格を実現するため、改善活動を積み重ね、生産性向上を追及する。

最後に、本稿の作成に当たり、ご協力いただいた各事業本部各位に深謝いたします。

用語一覧

ジュール熱：	電流が流れることによって金属内に発生する熱
ちり：	母材が局部的に過熱されて溶融飛散する現象
電極：	スポット溶接において、母材に直接接触して溶接電流を通じるとともに加圧力を伝える作用をする棒状の金属
ナゲット：	溶接部に生じる溶融凝固した部分
破壊試験：	実際に破壊させてその性能を明らかにする試験
爆飛：	爆発的に飛散し、溶接部に穴があく現象
ブローホール：	溶着金属中に生じる球状又はほぼ球状の空洞
溶融めっき銅板：	溶解しためっき層の中に浸漬させ金属の薄膜を表面に被覆した銅板