

簡易スポット溶接機の試作

兼重明宏^{*1} 川原秀夫^{*2} 武智義輝^{*3}

Trial Manufacture of Simple Spot Welding Machine

Akihiro KANESHIGE^{*1}, Hideo KAWAHARA^{*2} and Yoshiteru TAKECHI^{*3}

Abstract

The spot welding is welding process that efficiently joins the comparatively thin board together. This welding process is automatically welded. Therefore, when the defective weld occurred, correct correspondence of a user is demanded. We made the simple spot welding machine experimentally in order to understand importance of welding technique and junction principle for spot welding in the creative hands-on education.

In this study, evaluation test by JIS was carried out, and the weld strength was verified in respect of weld performance of this welding machine.

Key Words : Spot Welding, Thin Board, Weld Strength

1. 緒言

物を作る場合には、材料を所定の寸法に切ることと、それを組み立てて固着することが必要である。この固着法には、ねじなどによる機械的な方法と溶接による冶金的な方法があるが、溶接は金属材料を効率よく経済的に固着する方法として、極めて重要な加工技術となっている。溶接方法には、適用する対象物や使用目的に応じて様々なものがあるが、この中でスポット溶接は比較的薄い板を高効率で接合する溶接技術である。さらに、自動溶接性・大量生産性など数多くの諸特性を有するため、船舶、航空機、自動車、車両など薄板構造物の継手として幅広く採用されている。

スポット溶接に関する研究は数多く行われており、最近では省エネルギーや地球環境保全を推進しようという動きから、スポット溶接による薄鋼板継手の強度ならびにアルミニウムなど異種金属を用いた溶接条件の違いによる引張りせん断強度に関する研究が中心に行われている^{(1) - (2)}。スポット溶接はごく一部のものを除いて、スイッチを押すだけで全ての動作を機械的に行う自動溶接が基本であり、そのために溶接不良が生じた場合、電圧値や溶接時間などの溶接条件と溶接機の操作をどのようにすればよいのかわからないとい

った弊害も出てくる。

溶接に限らず何事においても応用するためには、先ずその基本を十分に理解して自分のものにしておく必要がある。本研究では、物づくりにおける溶接技術の重要性和教育的立場から自作による簡易スポット溶接機を製作し、その溶接強度について検討を行う。

2. 実験方法

2.1 スポット溶接機

スポット溶接は、抵抗発熱を利用して金属の接合を行う抵抗溶接法の一つである。一般に金属は電気を良く伝える性質を持っている。金属材料の両端 A, B の間に電圧 V (V) を加えるときに流れる電流 I (A) は、加えた電圧 V に比例し、

$$V=R \cdot I \quad (\text{オームの法則}) \quad (1)$$

が成立する。ここで、比例定数 R (Ω) は金属材料の抵抗である。抵抗 R の金属材料に電流 I が流れると、金属材料内で電力が消費されて発熱し温度が上昇するが、時間 T (sec) の間に発生する熱量を H (J) とすると、

$$H=V \cdot I \cdot T=R \cdot I^2 \cdot T \quad (\text{ジュールの法則}) \quad (2)$$

式 (2) で示される抵抗発熱をジュール発熱とも呼

^{*1} 機械電気工学科

^{*2} 大島商船高等専門学校 商船学科

^{*3} 大島商船高等専門学校 学生課第一実習係

ばれており、スポット溶接は図1に示すように溶接される金属板を重ね、電極で加圧し、電圧を加えて電流を流し、溶接部をジュール発熱によって加熱して局部的に溶融させ、被溶接材を冶金的に接合するものである。

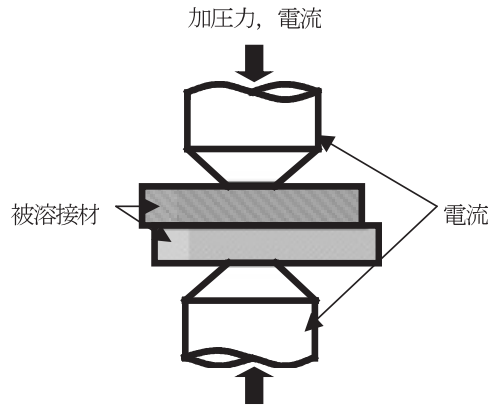
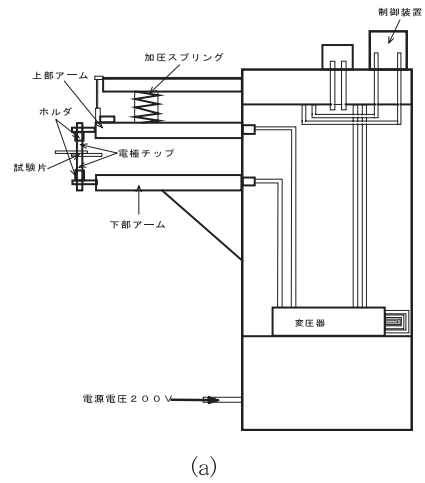


Fig.1 The principle of the spot welding

図2は、今回試作した簡易スポット溶接機の基本的な構造図と電極チップ近傍の写真を示す。スポット溶接機は大きく分けて、加圧力を加える部分、電流を流す部分、電流・時間を制御する部分および本体フレームから構成されている。本溶接機の場合、電極加圧力を与える部分にスプリングを用いており、一定の加圧力を与え、電極の横方向や回転方向の移動を規制するガイド、電極を取り付ける電極ホルダが設置されている。制御する部分には、一連の動作順序と通電時間を制御するシーケンス制御部、電流のON/OFFを行う電流制御部がある。

図3は、本溶接機の電気回路図を示す。本溶接機は、三相電源の内の1相からサイリスタを介して、溶接変圧器に接続されている単相交流式である。1次側の電



(a)



(b)

Fig.2 Construction plan of spot welder (a) and photograph of the electrode tip vicinity (b)

源電圧 200V は、変圧器内の 1 次および 2 次のコイルの巻数比により、最終的に電極部で電圧は、5~20V の電圧に変換され、所定の電流が被溶接材を流れる。

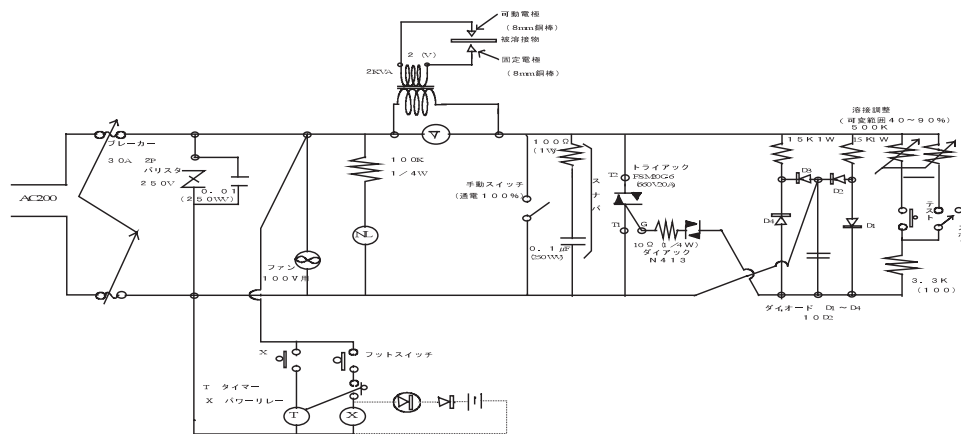


Fig.3 Electrical diagram of spot welder

2.2 供試材

本実験で使用した供試材の材質は、冷間圧延鋼板 (SPCC) である。図4はその形状を示し、各寸法を表1に示す。

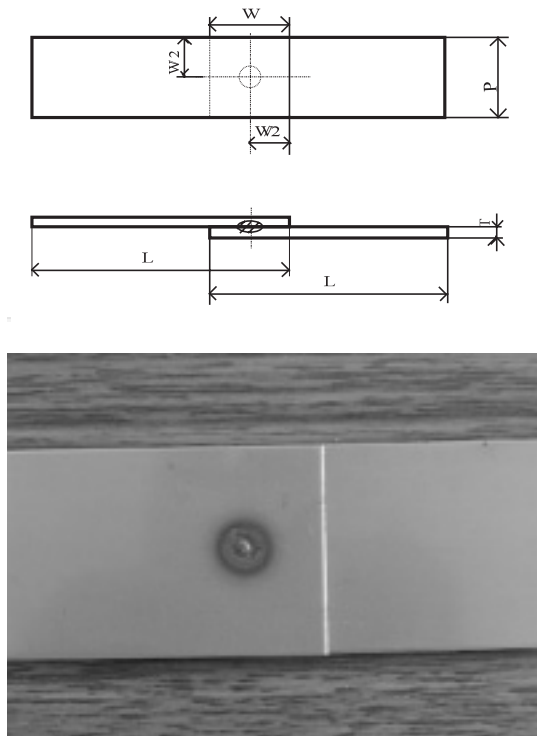


Fig.4 Tensile shear test

Table.1 Dimension of each test piece

| Plate thickness t [mm] | Plate width P [mm] | Plate length. L [mm] | Number of Sample No. [-] |
|------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 0.8 | 30 | 100 | 10 |
| 1.0 | 30 | 100 | 10 |
| 1.2 | 30 | 100 | 10 |
| 1.6 | 40 | 125 | 10 |

2.3 溶接条件と溶接継手の評価

溶接は表2に示すように2種類の溶接条件で溶接試験片を作製した。

Table.2 Welding condition

| Condition | A | B |
|-------------------------------------|-------|---------------|
| Diameter of the electrode tip d_e | 8mm | 8mm |
| Electrode force | 3.2kN | 3.2kN |
| Weld time | - | RWMA A class* |

*RWMA : 米国溶接機製造者協会規格

溶接条件Aは、通電時間を変化させることによって、ナゲット径 (d_N) が変化した試験片が得られるので、溶接条件の変化における引張せん断試験を行った。一方、溶接条件Bでは、JIS規格で定められているスポット溶接機の引張せん断試験と断面試験を実施した。引張せん断試験は、図4に示した単点試験片を万能試験機 (島津製作所製, SE20-200) にかけて引張り、その最大引張り荷重を測定する。また断面試験は、溶接部の内部品質を検査するために溶接部を切断しその断面を調べて、図5に示すナゲット径 d_N (接合部に生じた熔融凝固した形状のもの) を目視にて計測した。なお、試験片の数は各々の溶接条件においてそれぞれ10点である。

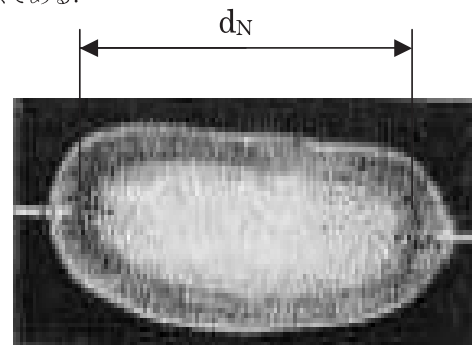


Fig.5 Cross section photograph of the juncture

3. 実験結果

3.1 溶接条件の影響

まず、各々の溶接条件が引張せん断強さに与える影響について検討した。図6は、板厚 $t=1.6\text{mm}$ の場合におけるナゲット径と引張せん断強さの関係を示す。この図に示すように引張せん断強さはナゲット径に比例して増加しているのがわかる。これは、熔融凝固部の面積 (ナゲット径) が大きい方がせん断方向の強さが大きくなることを表している。

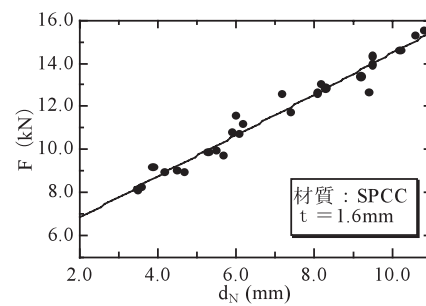


Fig.6 The relationship between tensile-shear strength and nugget diameter

また、スポット溶接の引張せん断強さは材質とナゲット径が同じでも板幅 P や重ね代 W によっても異なる。図7は板厚 $t=1.2\text{mm}$ のSPCCについて、板幅と引張せん断強さの関係を示す。図に示すように、板幅が大きくなるほど引張せん断強さが大きくなり、板幅40mm以上になると引張せん断強さの増加傾向は飽和し、約6.7kNの一定値を保っている。ここで、板幅が小さいとき引張せん断強さが小さいのは、板幅 P が短いと幅における溶接部 d_N の大きさが支配的となり、熱変形や熱応力によって板の自身の剛性が低いと考えられる。ある一定以上の板幅が得られると板自身の剛性により、溶接強度による引張せん断応力となるためである。これにより、ある程度の板厚をもたせる必要がある。

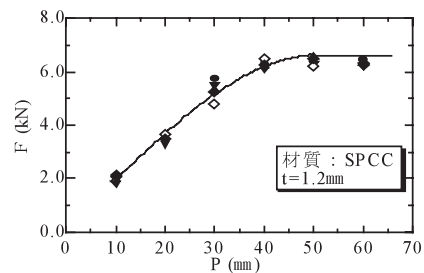


Fig. 7 The relationship between tensile-shear strength and plate width

図8は、重ね代と引張せん断強さの関係を示す。重ね代が小さいときにはせん断力が小さく、重ね代が大きくなるほど引張せん断強さが大きくなっている。これも板幅と同様に、重ね代 W が短いと重ね代における溶接部 d_N の大きさが支配的となり、重ね代の変化によって溶接部とその近傍の板での応力分布が変化するためだと推測される。

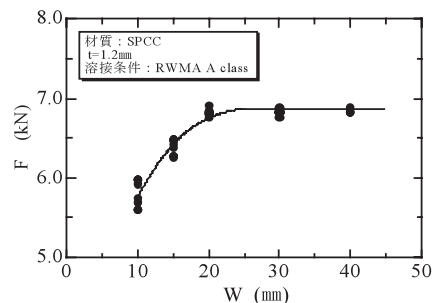


Fig. 8 The relationship between tensile-shear strength and plate width

3. 2JIS による評価試験

本試験機が JIS による評価基準を満足しているかを判断するため、JIS Z 3136 の引張せん断試験と JIS Z

3139 の断面試験を実施した。図9は、板厚と引張せん断強さの関係を示す。溶接条件としては、RWMA A class を採用し、図中には JIS で定められている溶接部の等級を示す。全体的に板厚が増加するにしたがい、引張せん断強さも増加している。これは板厚の変化に伴ない、通電時間ならびに電流値を制御することによって、図6に示したようにナゲット径が変化しているためである。一方、JIS が定める等級値との比較では、データそのものに多少のばらつきがあるが、板厚の小さな領域では一部等級値の範囲から外れているところがあるが、ほぼ全体的に所定の範囲内に実験値が入っているのが確認できる。

また図10は、断面試験により得られた板厚とナゲット径の関係を示す。この結果についても図9と同様、データ自身にばらつきがあるが、ほぼ JIS による等級値の範囲に入っている。以上より、本溶接機によって作製された試験片は、JIS による評価試験を満足することがわかった。

ばらつきの原因としては、溶接施工中の不純物の混入、材料の成分のばらつき、与えた電流値のばらつきなどが考えられる。今後は、これらのことを考慮して溶接機の改良を施す必要がある。

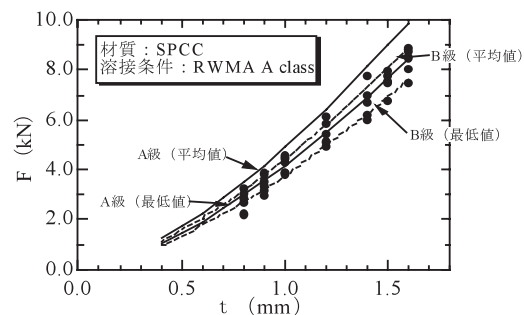


Fig. 9 The relationship between tensile-shear strength and plate thickness.

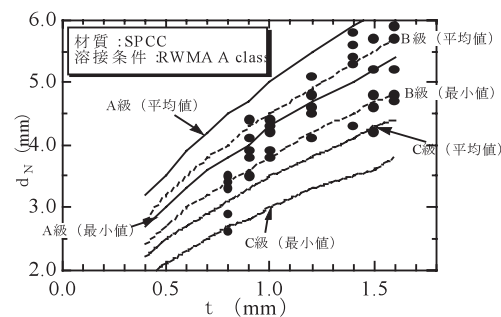


Fig. 10 The relationship between nugget diameter and plate thickness.

4. 結論

本研究では簡易的なスポット溶接機を製作し、その溶接強度について検討した結果、以下の知見を得た。

スポット溶接は、電極加圧力、通電時間および溶接電流の変化によって、その溶接強度が大きく変化する。このため、スポット溶接された部品の使用状態によって、その溶接条件を決定しなければならない。また、今回試作したスポット溶接機は、ある特定の溶接条件に設定した場合、JIS が推奨している引張せん断強さが得られることを確認した。

今後、より正確な溶接施工ができるよう、電流値、加圧面積や加圧時間の制御を行うことが課題である。

文献

- 1) 樺沢, 船川, 小川, 田村: 薄鋼板スポット溶接継手の引張せん断強さの推定, 溶接学会論文集, 14-4 (1996), pp. 754-761
- 2) 及川, 斎藤, 吉村, 永瀬, 切山: アルミクラッド鋼と鋼およびアルミニウムとのスポット溶接, 溶接学会論文集, 14-1 (1996), pp. 69-80
- 3) 奥田滝夫: スポット溶接入門, 日本溶接協会監修, 産報出版
- 4) 日本規格協会編集: JIS ハンドブック・溶接, 日本規格協会, pp. 317-332 (1998)
- 5) 岡根 功: 溶接要論, 理工学社

(2002.9.4 受理)

