

# 低加圧力片面スポット溶接機の 開発とその適用

古川 一敏

愛知産業(株)

## はじめに

近年、自動車工業など薄板産業の急速な発展にともなう、重ね抵抗スポット溶接機の需要が拡大してきた。一方、薄板構造物やその部品は大型化、複雑化、高級化し、それらをスポット溶接するためには、とてつもない大型・大容量で長尺アームを持つなどの特殊な専用機や治具が必要になる。また大きな電源設備、工場面積も必要となり、投資金額も問題となってくる。これらの問題に対して、片側電極からの加圧通電のみによって溶接できる片面スポット溶接機の開発が強く望まれる様になり、重要な課題となってきた。

## 片面スポット溶接法

重ね抵抗スポット溶接法は、重ね合わせた薄板の両側の電極から大きな加圧力を与えて大電流を短時間通電し、電気抵抗熱によって薄板の接触部を加熱溶融し、ナゲットを形成させて瞬間的に接合する溶接法である。

この通常のスポット溶接機を使用して、薄板を重ねた裏側に銅板裏当てを置いて上面より人力で加圧し、適性溶

接電流条件で通電してみると激しい爆飛現象が起これ、甚だしい「散り」を発生して溶接はできなかった。これは加圧力と溶接電流のアンバランスによって「散り」発生限界域から大きく外れたためである。

「散り」発生防止のためには加圧力に対応した溶接電流値とすることが必要で大幅に電流を低減しなければならない。人力による加圧力は最大でも100kgf(980N)で、これに対応した溶接電流では入力エネルギーが不足して十分なナゲットを形成することができない。そのため溶接部の引張せん断強度が不足するので低加圧力では良好なスポット溶接ができないこととなる。

## 低加圧力スポット溶接機の開発 と溶接部の性能確認試験

人力による片側からの電極加圧力は最大でも100kgf(980N)以下であり、片面スポット溶接機はこの様な低加圧力においても「散り」を発生せず十分なナゲットを形成し、必要な引張せん断強度を確保できるものでなければならない。そこでインバータ制御により、溶接電流の通電開始から溶融、ナゲット形成、溶接、電流遮断までの制御を、通常の1/2000レベルでの微調整で行うことによって低加圧力スポット溶接機を実現させた。

電源としては2次側の電流低下を抑えるために直流を用いた。これによってガンの小型化及び治具の簡素化ができ、設備が小型化されることによって作業環境の改善、省スペース化も可能になった。開発された低加圧力片面スポット溶接機AS-1の外観は写真1の通りでその諸元を表1(次ページ)に示す。

次にAS-1直流スポット溶接機を使用して溶接部の性能を確認するための実験を行った。

### 3.1 試験材、試験片の形状

試験材：亜鉛めっき鋼板(化学成分 C:0.05、



写真1 低加圧力片面スポット溶接機「AS-1」

Type of machine	AS-1 D.C. Spot Welder
Input electric power	400V3相 50/60Hz
Rated input kVA	75kVA
Max. 2nd shorted current	12,000A
Range of electrode force	98~980N
Max. electrode force	980N
Duty cycle	10%
Weight of machine	98kg

表1 片面スポット溶接機の仕様



写真2 加圧治具の外観

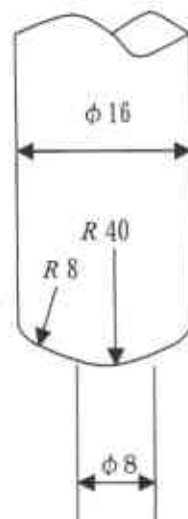
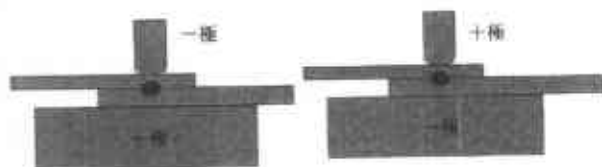


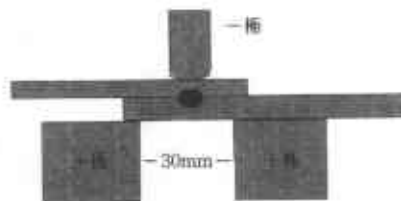
図1 電極の形状寸法

・電極マイナス及び電極プラス  
(電極加圧力を98~980Nの範囲で変化させた)



・溶接電流 6.5kA  
・通電時間 10s/50  
・上板厚 1.2mm, 下板厚 1.2mm

・ノンパッキング溶接  
(電極加圧力 98~490Nの範囲で変化させた)



・溶接電流 6.5kA  
・通電時間 15s/50  
・上板厚 1.2mm, 下板厚 1.2mm

図2 試験時の試験片と当て金の配置

件とした。

(2)電流条件

電流は6.5kA正極とした。銅裏当材のある場合は正極及び負極の電流で試験した。

(3)通電時間条件

Mn : 0.18, P : 0.01, S : 0.01, Fe : 残[質量%]。物理的性質 引張強さ  $\sigma_B \geq 270\text{MPa}$ , 伸び  $\delta \geq 37\%$ , 垂鉛めつき厚 片面  $14\mu\text{m}$ 。試験片寸法 板厚1.2mm×板巾40mm×板長120mm, 2枚重ね(重ね部40mm)。

## 3.2 溶接電極

材質: クロム銅, 形状寸法: 直径16mm  $\phi$  × 端部8mm R, 先端形状, 直径8mm  $\phi$  × 先端40mm R (図1 参照)。

## 3.3 試験材配置

銅裏当材のあるものと裏当のないものとした。(図2 参照)

## 3.4 加圧装置

加圧は人力あるいはロボットによりワークに押し付けるのであるが, 加圧力を正確に調節測定するための治具を製作した(写真2 参照)。

## 3.5 溶接条件

(1)加圧条件

加圧力として98Nより  $98 \times 10 = 980\text{N}$  迄98N間隔の10条












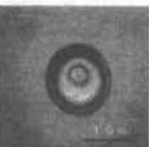





Electrode Force $P(N)$	Copper backing Electrode negative	Copper backing Electrode positive	Non backing Electrode negative
98			
196			
294			
392			
490			
980			

写真4 溶接部の外観の例

通電時間は0.2Secまたは0.3Secとした。

### 3.6 引張せん断強度試験

最大引張せん断荷重 $F_{max}$ の測定には写真3に示す5トン型引張試験機を使用した。

#### ▶ 試験結果

#### 4.1 外観試験

スポット溶接の外観試験片を写真4に示す。銅裏当材のある試験材の場合はすべての加圧条件において、正極、逆極共に良好な溶接結果を得た。すなわち適切なスポット溶接径で良好な溶接外観を示し、正極と逆極間に顕著な差異が認められなかった。

裏当材のない条件において、加圧力の低い場合は良好



写真3 引張試験機

な外径を得ているが、490N以上の加圧力となると、上板の垂直変位が大きくなり、重なり部分の面積が小さくなってスポット溶接径が次第に細小になっている。

## 4.2 ナゲット横断面のマクロ組織

スポット溶接部ナゲットの横断面のマクロ組織を写真5に示す。銅裏当材のある場合の横断面マクロ組織は何れも溶接欠陥を見ず、良好なナゲットを形成して溶融接合されている。

裏当材のない場合も溶接欠陥は見られず組織は良好であるが、加圧力が392Nとなるとナゲットが急に小さくなり、492N以上の大きな加圧力ではナゲットが極端に小さくなっている。これは前述の通り加圧力の増加と共に上板の垂直変位が増大して板接触部が細小化するためと考えられる。

## 4.3 最大引張せん断荷重に及ぼす加圧力の影響

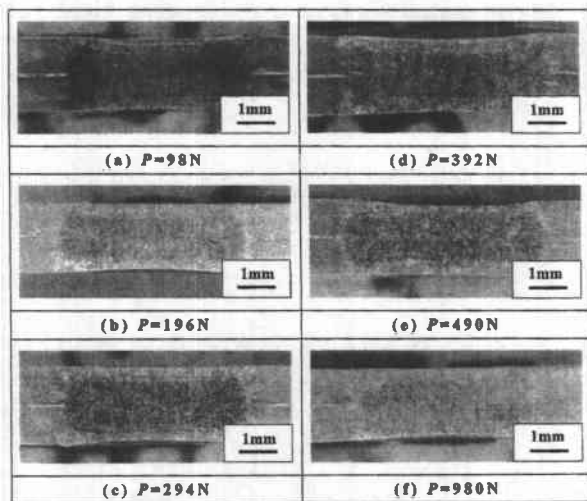
スポット溶接部の引張せん断強度試験を行った結果、最大引張せん断荷重と加圧力との関係を図3(次ページ)に示す。

銅裏当材のある場合には加圧力Pを98~980Nと変化させても $F_{max}$ は平均して7.0及び6.6kNと大きな値を示した。従来型のスポット溶接条件と比較すると加圧力は1桁小さく溶接電流は1/2~1/3である。自動車工業の現場において要求されている1.2mm厚の垂鉛めっき鋼板スポット溶接部の最大引張せん断荷重は4.4kN以上となっているので、全く問題のない充分の強度があると言える。裏当材のない場合は加圧力Pが239Nまでは $F_{max}$ が平均6.4kNで全く問題はない。しかしPが392Nとなると $F_{max}$ は急減し、更にPが490N以上と増大すると $F_{max}$ は大幅に低下する。これはマクロ断面写真でも見られた様にPの増大に比例して鋼板の垂直変位が増大し、ナゲット断面積が極小化して $F_{max}$ が低減したものである。裏当のない場合は加圧力が増大した場合に鋼板の垂直変位が増加して充分な溶接部が得難くなり、最大引張せん断荷重が低下するので加圧力の選定に特に注意が必要である。

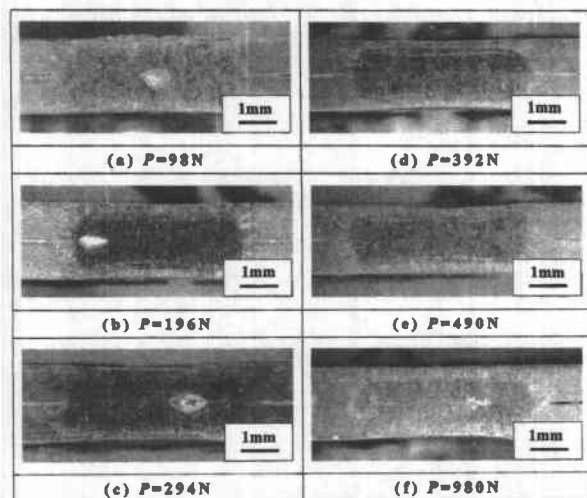
## ▶ 生産現場への適用

低加圧力片面スポット溶接機は久しく産業界の生産現場から要求されてきた人力の様な小さな加圧力で片面から溶接できる全く新しいスポット溶接機であり、以下のようなメリットがある。

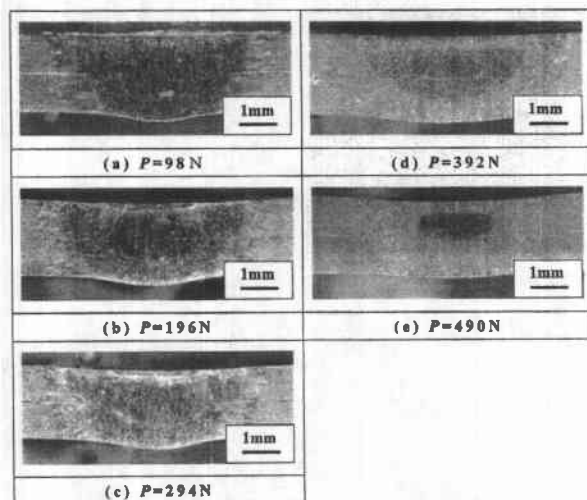
(1)本スポット溶接機を使用すれば裏側に電極以外の



(裏当材 正極[電極-])



(裏当材 負極[電極+])



(裏当なし 正極[電極-])

写真5 ナゲット横断面のマクロ組織の例

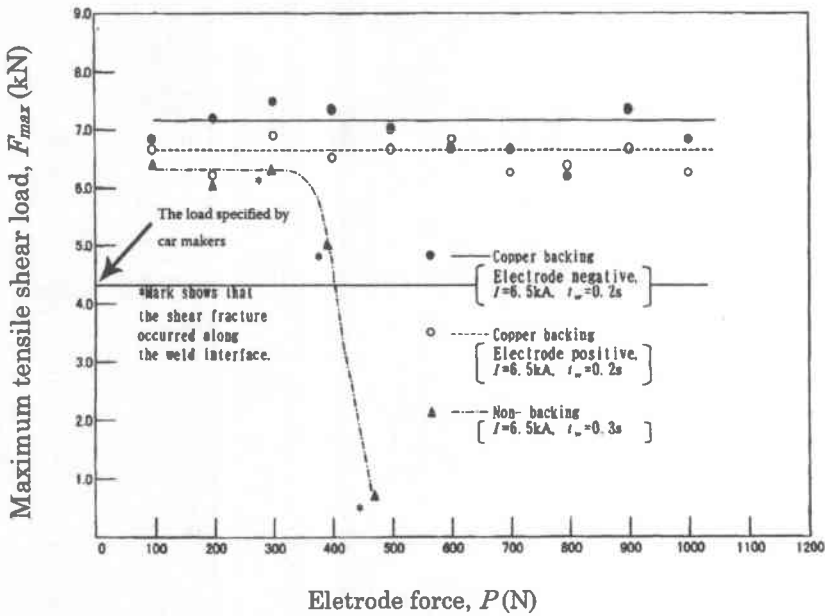


図3 最大引張せん断荷重に及ぼす加圧力の影響

### 自動車関連ワンサイド溶接適用事例

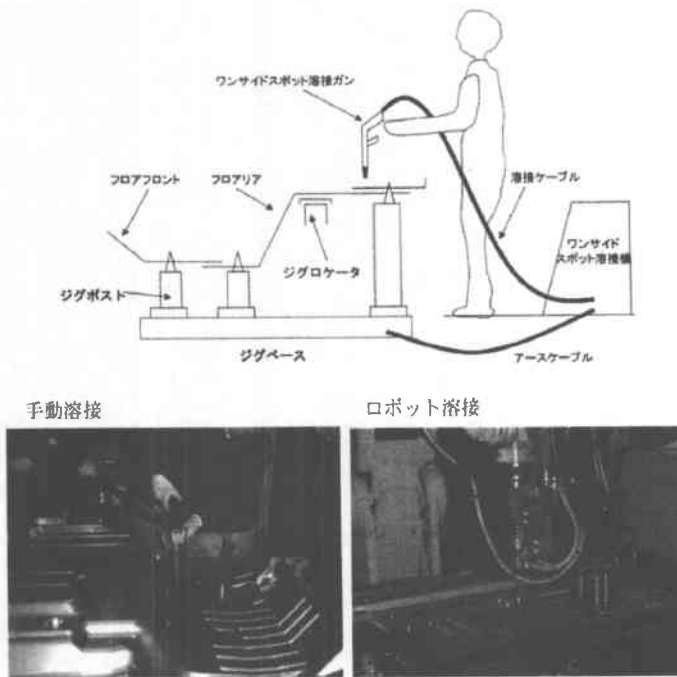


図4 片面スポット溶接の適用事例

物体がある場合や、裏側が空間の場合でも表面からのみの小さな加圧力で溶接できる。

(2) 大型構造物を反転することなく、また複雑な部品を設計変更したり治具を使用したりせずに人力やロボットで溶接できることから省力化でき、治具製作費の省略による経費の節減、生産性の向上などメリットは極めて大きい。

(3) 溶接電源の小容量化、溶接機の小型化軽量化ができることから、工場電源設備は小容量で済み、省電力、省エネルギーの効果が大きく、また溶接機の小型軽量化による設備投資金額の節約低減の効果もある。

以上のような工場現場の必要性、極めて大きな経済効果と利便性から、自動車産業、空調産業、自動販売機工業、事務機工業、シャッター産業など各種工業で本格的

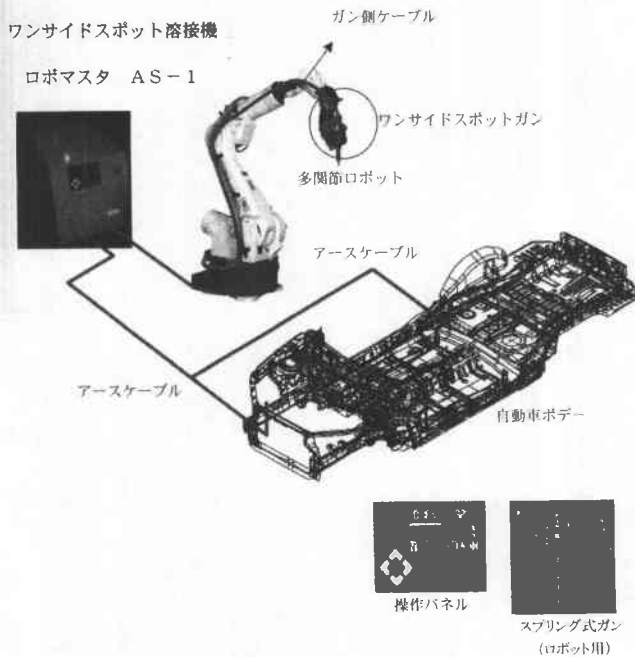


図5 ロボット搭載型片面スポット溶接機



写真6 「AS-1」が授賞した中小企業庁長官賞

に生産ラインに設置するための研究を進めており、一部の工場ではすで実用し始めた所もある。

図4及び図5に自動車工業における片面スポット溶接機の人力及びロボットによる適用事例を示す。

## おわりに

溶接技術は戦後壊滅状態であった日本が造船工業などの重厚長大産業や、自動車工業に代表される薄板産業分野で、世界に冠たる工業国として再建される上で基盤技術として重要な役割を果たしてきた。しかし日本が世界の造船王国となり、世界一の自動車生産国となってから、溶接技術は成熟した産業として顧みられることが少なく

なり、識者を嘆かせ危機感を抱かせていた。

最近になって「物づくり」における溶接技術の重要性が再認識され始め、今年に入って溶接技術が経済産業省の重要な基盤技術として追加指定された。時あたかも「りそな中小企業振興財団」の主催する「第19回中小企業優秀新技術・新製品賞」の発表があり、「低加圧力片面スポット溶接機AS-1」が全国の314製品の中から最優秀新技術・新製品として中小企業庁長官賞を授賞した(写真6参照)。溶接機がこの様な賞を得たのは恐らく「AS-1」が始めてのことと思われる。本機は今後薄板産業分野で広く活用され、その発展の上に多大の貢献をするものと期待される。