

新しい抵抗溶接機の開発とその適用

古川 一敏

2008年3月

愛知産業 株式会社

新しい抵抗溶接機の開発とその適用

古川 一敏

愛知産業(株)

1 はじめに

近年、わが国は自動車産業の急速な発展とともに抵抗溶接の量的な拡大と共に質的な変革も見られ、大きな変化進展が行われつつある。

抵抗溶接技術は薄板構造工業における基幹的技術で1886年米国において発明されたが¹⁾、アーク溶接と異なり、わが国に導入されたのは開発の約30年後である。戦後の産業復興期においてもわが国の薄板工業の立ち上がりが遅れ、抵抗溶接は久しく旧来の技術の延長線上に低迷していた。しかし1980年にわが国の自動車生産台数が世界一に躍進するに及んで²⁾、抵抗溶接機は専用化、大容量化し、使用台数が飛躍的に増大すると共に^{3) 4)}、抵抗溶接機に対する様々なニーズが噴出してきた。そして抵抗溶接機へのニーズとシーズが相まって、抵抗溶接技術の上に大きな変化、進展が見られるようになってきた。

本編では最近の重ね抵抗溶接機の新技術や新製品の開発と、その適用および将来動向について述べることとする。

2 重ね抵抗溶接機への新しいニーズ

薄板構造物の業界において、ボルトや折り込みなどの機械的接合から溶接へと移行する過程では、使用する抵抗溶接機の台数も少なく、市販の汎用標準溶接機を適用することが先行した。抵抗溶接の優位性が認識され、工場の生産ラインで使用する溶接機台数が増大し、ティグ溶接やレーザ溶接が行われている部分へも適用範囲が拡大されようとして、重ね抵抗溶接機への次のような様々なニーズが出されてきた。

2.1 抵抗溶接適用範囲の拡大

2.1.1 適用板厚範囲の拡大

従来使用してきた薄板構造物の板厚が、より厚いもののから箔のような極薄板まで拡がり、また必ずしも同一板厚、類似の板厚間の溶接だけでなく、厚板と薄板の抵抗溶接のニーズも増大してきている。

2.1.2 各種材質への適用拡大

従来、薄鋼板で製作してきた構造物の高級化、長寿命化のために、各種表面処理鋼板、亜鉛めっき、アルミめっき鋼板が多く使用されてようになってきた。自動車には軽量化のために亜鉛めっき高張力鋼板やアルミニウム合金が、電車にもステンレスやアルミニウム合金が使用されるようになっている。またチタンやニッケル合金が新材料としてあるいは防食材料として使用されている。これらの材料には鋼板と比べて剛性が高く、電気的熱的特性の甚しく異なるものもあり、大きな加圧力や大溶接電流の抵抗溶接条件が必要となる場合も考えられる。

2.1.3 各種形状の構造物への適用

薄板構造物の高級化、複雑化によって、従来にない形状や構造への抵抗溶接施工が求められている。細い網目によるフィルター、各種形状のタンクや熱交換器部品などすでに製作された新製品も多い。

2.2 省電力化、効率化

適用板厚が厚くなったり、アルミニウム合金の使用が多くなるなど、大電流を使用する抵抗溶接が増大し、工場の生産ラインに大容量の抵抗溶接機を大量に使用するようになると、莫大な消費電力に対する電力料金

も大きなものとなってくる。

中小企業の工場では、製作品の変更に対する受電設備容量の不足から新製品の受注を諦めたり、大きな設備投資の必要に迫られたりして、会社経営上の大問題となってくる。

このため従来はあまり要求されてこなかった省電力、効率化が大きな問題として浮上してきた。

2.3 自動化、ロボット化、省力化

近年抵抗溶接作業量の増大とともに生産性、能率の向上が強く求められ、溶接の高速化、自動化、ロボット化のニーズが大きくなっている。これはスポット溶接、シーム溶接に共通のニーズであり、とくにロボット化は各種の作業に対して広く適用されようとしている。

2.4 小型軽量化、ガン・トランスの一体化

抵抗溶接機の小型軽量化とガン・トランスの一体化は、ロボットに搭載する上で必須条件である。ロボット搭載の抵抗溶接機は早くから一体型となっていたが、小型軽量化はロボット搭載のためや溶接機の効率改善、省資源化に有効であるばかりでなく、ロボットの省電力化の上でも有効であり、ロボット本体の小型軽量化も実現できる。

2.5 高級化、精密化

抵抗溶接機の適用範囲の拡大と共に外観上は圧痕深さの低減、めっき亜鉛の焼損防止、溶接変形防止、チリ、スパッタレスなど溶接の高級化、精密化が求められている。

2.6 専用機の開発

適用範囲の拡大、用途の多様化、使用台数の増加と共に抵抗溶接機は汎用機より専用機中心へと移行し、さらに従来見られなかった機能、性能を持った様々な専用機の開発も要望される様になっている。

3 重ね抵抗溶接技術の新しいシーズ

わが国の抵抗溶接技術は、研究技術者も少なく近年にいたるまで革新的な技術開発があまり見られなかつたが、最近自動車工業など薄板産業の振興と抵抗溶接機の適用の拡大にともなって、画期的な抵抗溶接技術が新しく開発され、抵抗溶接機へのニーズに対応して新機軸の溶接機が出現してきた。

3.1 単相直流出力変圧機⁵⁾

従来の抵抗溶接機は電気効率が悪く大容量で大型の装置となり高価であるため、比較的構造の簡単な単相交流トランスを使用して初期投資金額を抑えてきた。単相交流抵抗溶接機はいかにも電気効率が悪く、入力の60%以上がインピーダンスによって無駄な損失電力となってしまう。そこで三相整流式の直流抵抗溶接機が開発されたが、価格が高くよほどの大容量の装置にしかメリットが出なかつたので一般に使用されることが少なかつた。

当社は最近開発された大容量の整流素子を使用し、特殊設計によって小型軽量の単相交流入力型単相直流出力変圧器を開発した。この変圧器を抵抗溶接機の電源として使用すれば、単相整流式直流抵抗溶接機は小型化し構造は簡単になり、価格も25%以上低減する。単相直流出力変圧器は抵抗溶接技術の上に新しい展開をもたらすものである。

3.2 抵抗溶接トランスの改善進歩

商用周波数の溶接トランスを使用した抵抗シーム溶接機は、最小通電時間が1/50/1/60秒と制限されることから、当社は3倍の周波数150/180Hzに変換した電源を使用する低価格の超高速抵抗シーム溶接機を開発した。

最近溶接電源を300Hz, 600Hz, 1000Hzの高い周波数に変換して制御するインバータ方式の抵抗溶接機が次第に増加してきた。インバータ方式の抵抗溶接トランスは、精密な制御ができるだけでなく、周波数が増加するのに逆比例して幾何級数的に小型軽量化され、省電力、省資源の効果も大きいが、1000Hz以上の周波数にすることは技術的に難しかつた。当社はこの問題を解決して1000Hzを超える、2000Hz, 3000Hzのインバータ方式の抵抗溶接トランスを開発した。このトランスによって広い溶接条件範囲と特殊な性能を持ち、大幅に小型軽量化され省エネルギー化された高効率の抵抗溶接機を実現した。

3.3 加圧力の制御

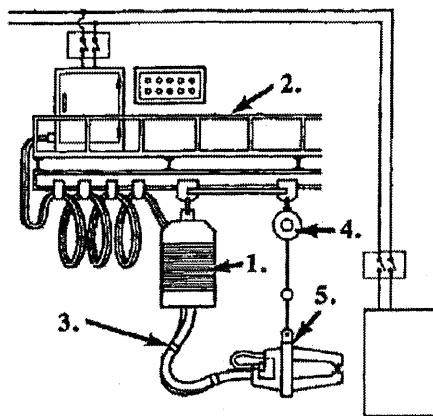
抵抗溶接の加圧力は溶接前に板の歪みを矯正してなじみをよくし、電流値に適合した加圧力を与えて通電、溶融した部分を圧接し、溶接金属の再結晶を促進し、かつナゲット収縮時の欠陥の発生を防止して健全な溶接を完成する役割を持っている。従来から「抵抗溶接は加圧溶接である」と言われる程加圧力は重要な因子であると認識してきたが、これは必要にして充分な大きな加圧力を確保することが重要であるという意味であった。したがつて抵抗溶接では特別の場合に、溶接の最終段階で加

圧力を高めるという施工法を適用することがある以外は、一般に初期に一定の加圧力を加えたままの状態で電流の通電、遮断を行って溶接を終了し加圧を解放するという溶接条件が使用されていた。

最近、抵抗溶接中の溶接部金属の温度上昇、膨張、軟化溶融、冷却、固化収縮に伴う加圧力の変化挙動が研究され、多くの知見が得られており⁶⁾、新しい抵抗溶接技術の上に活用する可能性が出てきている。また最近のサーボモータによる加圧は、加圧の精度向上とクイックレスポンスに有効である。

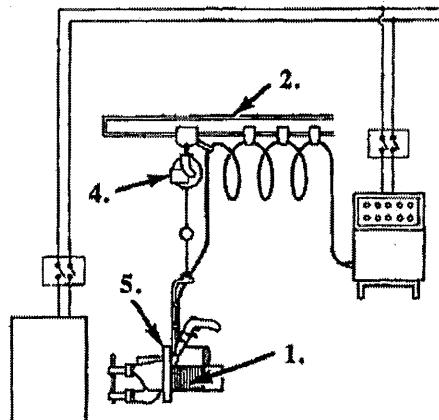
4 新しい抵抗溶接機の開発とその適用

抵抗溶接機への新しいニーズとシーズによって、最近



1. 溶接機トランス
2. 工場設備
3. 2次ケーブル
4. バランサー
5. ジャイロ型ハンガー

図1 ガン・トランス分離型スポット溶接機



1. 溶接機トランス
2. 工場設備
4. パネ型バランサー
5. ジャイロ型ハンガー

図2 ガン・トランス一体型スポット溶接機

新しい各種の画期的な抵抗溶接機が開発され、すでに実用化されているものもある。これらの新しい抵抗溶接機と現状について紹介する。

4.1 ガン・トランス一体型溶接機

従来の可搬型抵抗溶接機は、図1のようにガンと溶接トランスが分離されて2次ケーブルで接続されており、作業者はガンのみを持って移動しスポット溶接作業を行う。

ガン・トランス一体型スポット溶接機は図2のようにガンと溶接トランスが直結しており、2次ケーブルの電力ロスがなく、トランスは低入力で小型化される。

4.2 ロボット搭載型抵抗溶接機

4.2.1 ロボットスポット溶接機

ガン・トランス一体型スポット溶接機をロボットに搭載したものである。小型軽量化された50/60~1,000Hzのインバータ式溶接トランスが多く使用されているが、溶接トランスをロボットの先端部に内蔵し、ガンをマウントに装置した型のものも考案されている。

4.2.2 ロボットシーム溶接機

小型軽量化されたシーム溶接機をロボットに搭載したもので、外観を図3および写真1に示す。上下電極駆動

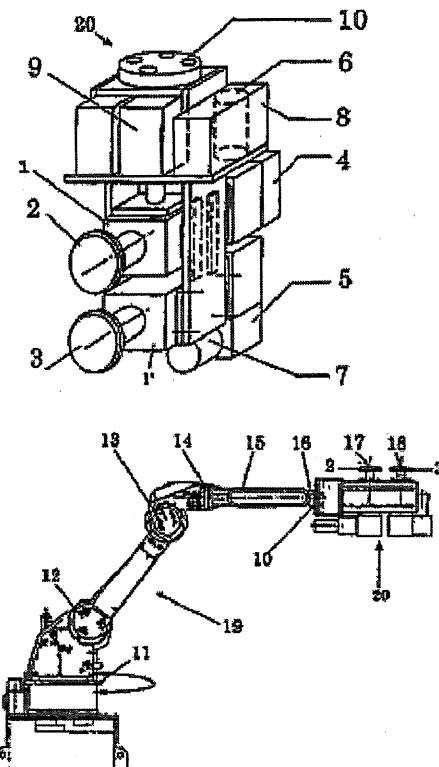


図3 ロボットシーム溶接機

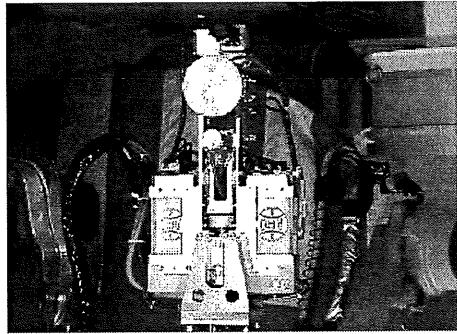
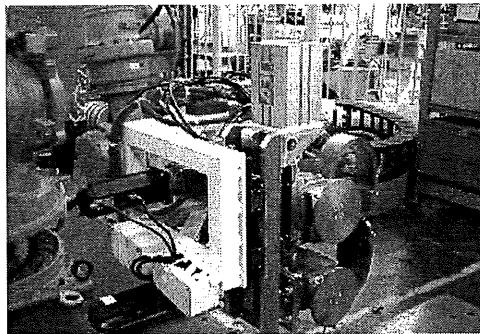


写真1 ロボットシーム溶接機

表1 ロボットシーム溶接機の諸元

定格容量	60KVA(1トランス)	120KVA(2トランス)
入力電源	200/400V 50/60Hz 単相	
最大短絡電流	10,000A	20,000A
最大溶接速度	30m/分 (ロールスポット時)	
加圧力	450Kgf	
使用率	50%	
溶接機重量	140Kg	160Kg

は7軸8軸としてロボットモータを使用、3次元ワークに対しても溶接ができる。電極は最小径26mm ϕ で内部水冷方式を採用、電極径変化に対してスピード補正、上下方向補正を行う。

ロボットシーム溶接機の諸元の一例を表1に示す。

4.3 片面スポット溶接機

商品名 ロボマスター AS-1

自動車組立工場や部品工場で上下電極が被溶接物の溶接点に入らず、スポット溶接ができないため複雑なジグを作成して施工するとか、高価なレーザ溶接機を設備するなどして解決していた。片側からの電極の場合、例えば人力で押しつけて得られる最大加圧力は100Kgf (980N)程度で20Kgf、30Kgf程度の低加圧力の場合もある。従来のスポット溶接機では片側からの低加圧力で通電すると甚だしい爆飛、チリが発生して溶接できなかった。また爆飛の発生しない電流条件ではエネルギー不足のため接合できなかった。当社によって開発されたAS-1は、10~30Kgfの片側からの極小加圧力によって低電流で良好なスポット溶接が施工でき、手溶接あるいはロボットや自動機に取りつけて、自由自在に溶接することができる。

片面スポット溶接機の特徴は

- (1) 片側から簡単に溶接可能
- (2) 奥行きの深い大型ガンが不要
- (3) クランプジグが簡単
- (4) パイプやC型鋼に鋼板を簡単に溶接可能

自動車関連ワンサイド溶接適用事例

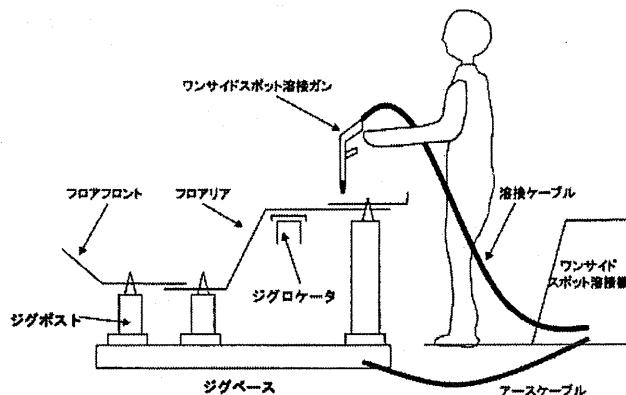


図4 手動による片面スポット溶接 (自動車)

手動溶接

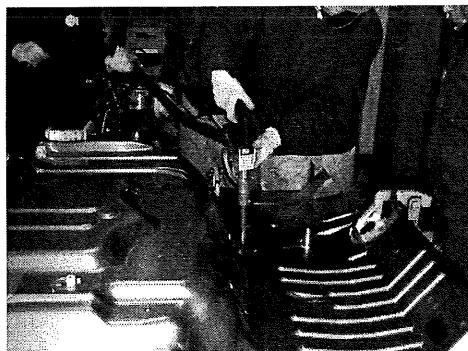


写真2 手動による片面スポット溶接の適用

(5) 溶接ガンが入らない所の溶接可能

AS-1の特徴

- (1) 2次ケーブルは20mまで延長可能
- (2) 最大短絡電流は12,000A
- (3) 定電流維持型
- (4) 256条件切替可能
- (5) アップスロープ・プレヒート・本溶接・ダウンスロープの設定可能

AS-1によって手動で片面スポット溶接している状況を図4および写真2に、またロボット搭載して自動車体

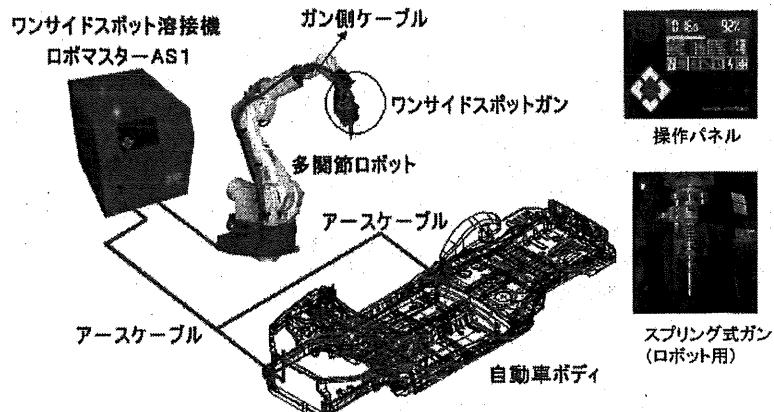


図5 ロボット搭載型ワンサイドスポット溶接機
ロボマスターAS-1による自動車体のスポット溶接

表2 片面スポット溶接機の諸元

溶接の名称	ロボマスター AS-1
定格容量	75KVA
入力電源	400V 50/60Hz 3相
最大短絡電流	12,000A
溶接条件	256条件
データ通信	RS232C
溶接機本体重量	99Kg

表3 Fスポット溶接機の諸元

電源形式	AS-3
入力電源	200V ±10% 50/60Hz 3相
フトコロ	1,000mm
最大短絡電流	12,000A
ハンドガン(オプション)短絡電流	8,000A
加圧力	約100Kgf
使用率	20%
質量	150Kg
入力	50KVA
ヒューズ容量	100A
冷却水流量	6 L/分 以上

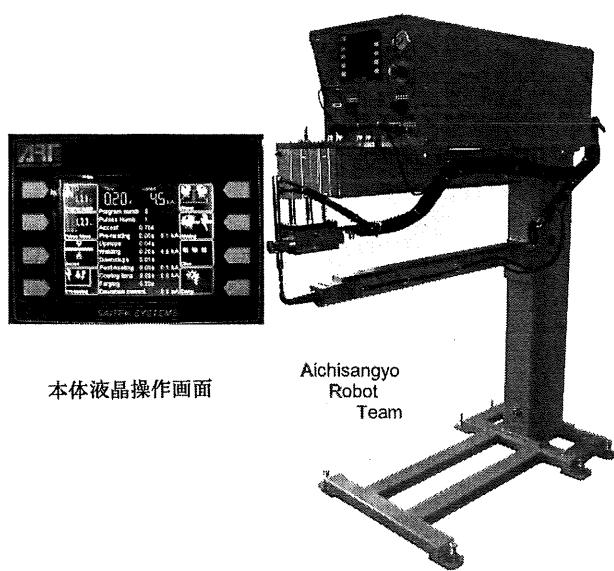


写真3 大フトコロ長Fスポット溶接機

の片面溶接している状況を図5に示す。

ロボット仕様のAS-1（ロボマスター）の諸元を表2に示す。

現在AS-1は自動車産業の外、住宅工事産業、空調工事、事務機械製作工場、自動販売機製作工場、板金工作工場などで広く使用されはじめている。

4.4 大フトコロ長スポット溶接機

商品名 Fスポット溶接機

抵抗溶接機の適用範囲の拡大とともに長尺細径管のような製品を、反転することなく容易に能率良く製作できる、大フトコロ長の抵抗溶接機のニーズが出てきた。しかし従来の溶接機では、必要とする加圧力を支えるためにアームは大断面の頑丈な構造とせざるを得ず、アーム長を伸ばすとその傾向は一層顕著となって、大型アームとなり、長さは精々400～500mmに制限されていた。当社ではインバーター制御の3,000Hzトランスを開発し、100mm φ径、1m長さの管を溶接できる大フトコロ長ススポット溶接機を実現した。写真3に大フトコロ長Fスポット溶接機の外観と制御装置操作正面画面を示す。

Fスポット溶接機の特徴

- (1) 世界で初めてフトコロ1mを実現
- (2) 100mm φ径の小径管の溶接可能
- (3) 低加圧でもスパッター、チリを発生せず
- (4) 2次回路の短い省電力設計
- (5) トランス・制御装置一体型
- (6) 場所をとらない省スペース型（回転型Fスポット

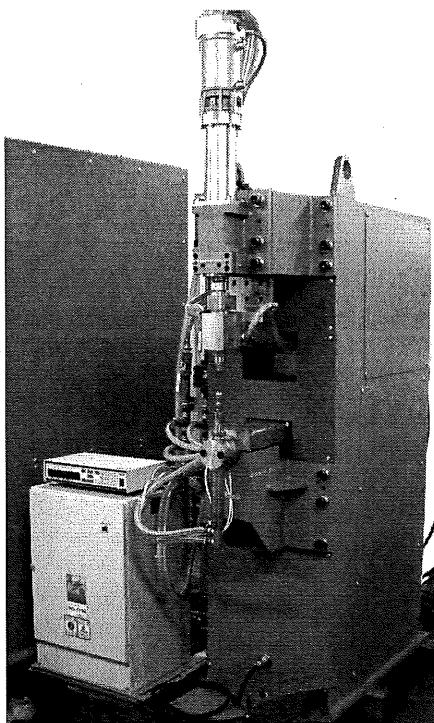


写真4 加圧力可変型スポット溶接機の外観

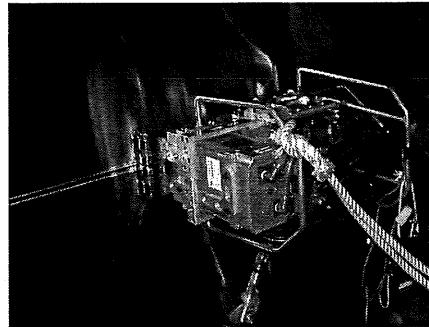
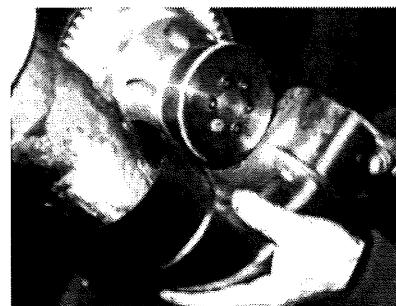


写真5 超高速自走シーム溶接機



内側の溶接



外側のシーム溶接

写真6 エルボシーム溶接機（単相直流式）

写真4に加圧力可変型スポット溶接機を示す。

4.6 超高速自走シーム溶接機

GTT式アンバー・メンブレーン構造のLNG船のタンク内アンバー薄板用の全姿勢シーム溶接機である。交流式と直流式があるが従来のシーム溶接機に比べて軽量小型で5倍の超高速度で溶接できる。単相直流式の諸元は表4のとおりである。写真5はLNG船タンク内でアンバー・メンブレーンを横向溶接中の単相交流式超高速自走シーム溶接機である。

4.7 エルボシーム溶接機

エルボの内側および外側のRに沿ってシーム溶接を行うもので写真6に示す。

表5 専用シーム溶接機（単相直流式）の事例

製品名	業種、溶接適用部、金属材料、その他	専用シーム溶接機
燃料タンク	自動車用燃料タンク ストーブ用燃料タンク 農業機械用燃料タンク	平シーム溶接機 縦シーム溶接機 アルミニウム用シーム溶接機
ドラム缶		縦シーム溶接機
ワンウェイコンテナ	天板の継手	横シーム溶接機
エルボ管	空洞ダクト用	エルボシーム溶接機
タービンブレード	6mm+6mmのシーム溶接	横シーム溶接機
冷凍パネル	ステンレス材 気密溶接	縦・横シーム溶接機
ビールタンク	フトコロ寸法3.5m	特殊縦シーム溶接機
フィルタ	ステンレスフィルタ フィルタメッシュ寸法5μm	フィルタメッシュシーム溶接機
ボイラ	熱交換部・ステンレス材	平シーム溶接機
煙突	ストーブ用	縦シーム溶接機
鋼管杭	橋脚、海洋構造物の防食クラッド溶接。耐食材料 (チタン、ティッケル合金、インコネル、ステンレス、 ユース材)	ツインシーム溶接機
流し台	ステンレス材	横シーム溶接機
LNGタンク	LNG船、置タンク、インバー材	自走シーム溶接機
空調バルブ	ステンレス材	ゴリゴリシーム溶接機
マフラー・チャンバ	S型湾曲プレス材	逆インクシーム溶接機
ペール缶、一斗缶、スプレ缶、ダクト管、ダンパ、チャンバ、ホッパ、エビ管、鋼板継手、葉用 タンク、ソーラシステム、パネルクリーナー、パネルヒータ、油差し、住宅金物、極薄パイプ、浴槽、 ショックアブソーバ、柱状トランク、ブレーキシュー、湯沸し器屋根	各専用シーム溶接機	



大形直流シーム溶接機
高さ(溶接長) 13m
横深さ 3.6m
重量 70ton

写真7 ビールタンク用大型直流シーム溶接機

4.8 各種専用シーム溶接機

近年ユーザーのニーズによって製造された多くの専用抵抗溶接機があり、その1例を表5⁸⁾に示す。最近はさらに抵抗溶接技術の画期的な発展に基いて新機軸の抵抗溶接機が提案され始めている。

5 おわりに

以上最近になって急速に進歩してきた抵抗溶接の革新的な技術と、新たに開発されて市場のニーズに対応している新機軸の数々の抵抗溶接機を紹介した。抵抗溶接機業界のこの潮流は今後さらに続いている画期的な抵抗溶接機を開発し、薄板産業界の活性化と隆盛に貢献していくものと思われる。

なお最近開発された新しい抵抗溶接機として紹介し

た「片面スポット溶接機AS-1」は、平成19年度「第19回中小企業優秀新技術・新製品賞」において「中小企業庁長官賞」を、また「大フトコロ長低加圧力Fスポット溶接機」は「2007東京都ベンチャー技術大賞」において「知事特別賞」を受賞した。またこのスポット溶接機のトランスとして使用した「小型軽量の省エネルギー型抵抗溶接用トランス」は平成19年度「第28回優秀省エネルギー機器表彰」において「日本機械工業連合会会長賞」を授賞した。

参考文献

- 1) R.D.Simonson : The History of Welding, Monticello Books.Inc. (1969) PP.38~49
- 2) 井口雅一：自動車、日本の技術100年第4巻、筑摩書房 (1987) P.87
- 3) 産報出版編集部：溶接の歴史、溶接技術Vol.18 No.2、産報出版 (1970) PP.88~92
- 4) 産報出版編集部：統計による日本の溶接産業、溶接技術 Vol.54 No.5、産報出版 (2006) P.124
- 5) 古川一敏：单相直流方式のシーム溶接機について、溶接技術 Vol.47 No.3、産報出版 (1999) PP.81~88
- 6) Furukawa K., Kato M., Nishio K., Yamaguchi T. : Study on the Development of Electrode Force changeable lap Resistance Spot Welding Machine and characteristics of Weld Report 1. Relation between Welding conditions and Temporal change of Electrode Force, Report 2. Influence of Electrode Pressure and Welding conditions on the Maximum Tensile Shear Load, Quarterly Journal of the Japan Welding Society Vol.24 No.1 (2006) PP.1~9, PP.10~16
- 7) 古川一敏：抵抗シーム溶接技術の新しい適用、溶接技術 Vol.51 No.3 (2003) PP.83~86