

# 高速シーム溶接のバリエーション

古川 一敏

ART-HIKARI(株)

## 高速シーム溶接のバリエーション

古川 一敏

ART-HIKARI(株)

### 1 はじめに

抵抗溶接法は1886年に米国で開発されたもっとも古い歴史のある電気溶接法で、わが国へは1920年頃紹介されている。

戦後、わが国の抵抗溶接は壊滅状態となったが、朝鮮戦争の特需によって蘇生し、欧米の技術が導入された。しかし、国内の薄板産業の復興は遅れていたので久しく低迷を続け、1970年以降自動車産業が急拡大するに至って、ようやく抵抗溶接機の生産台数、金額ともに増大し、1975年以降飛躍的に拡大発展した。

抵抗溶接機はスポット溶接機、シーム溶接機などの重ね溶接法用溶接機と、バット溶接法用溶接機に大別されるが、近年、わが国ではバット溶接法の適用はアーク溶接法にとって換えられたものが多く、独り薄板用重ね抵抗溶接機のニーズが拡大しており、その性能、効率性、生産性、使用性への要望が打ち出されてきている。長い低迷期を経てこれらの要望に答えるため最近に至って研究開発が進められ、画期的な重ね抵抗溶接機が次々と出現し始めている。

当社が最近開発し発表した超高速シーム溶接機はその代表的なもので、本稿では高速シーム溶接技術を中心にその周辺技術、製品の展開について述べることとする。

### 2 新しい抵抗シーム溶接技術

抵抗シーム溶接はスポット溶接を連続的に行い、溶接ナゲットを重なり合わせて耐密性を保つ抵抗溶接法で、円板型の電極を用いて被溶接材の両側より加圧して転送しながら通電、遮断を繰り返して行う溶接法である。

溶接ナゲット生成のために大電流を必要とするが、ナゲット間隔は小さくナゲットが重なり合うように近接し

ているので分流が大きく、また、円板電極による接触面積も広いことから溶接電流はスポット溶接の場合よりもさらに著しく高くなる。また、溶接速度を早くすれば溶接電流は一層大きくしなければならない。

このようにとくに大電流を必要とすることから、シーム溶接装置は大型となり、従来のシーム溶接機はほとんど定置式であった。そのためシーム溶接はその適用に大きな制約を受け、管類、ダクト、タンク類、厨房製品、家電製品などには使用されたが、自動車工業にはあまり普及されなかった。しかし、自動車産業の急速な拡大発展とともにあって超高張力鋼板や軽金属材料の使用による車体の軽量化や燃費の低減が求められ、溶接継手部強度の増強や耐密溶接が必要となった。

従来は抵抗溶接法の適用が難しい溶接継手に対しては高価なレーザ溶接法や特殊アーク溶接法に頼ってきたが、これらを経済的で生産性の高い抵抗シーム溶接法で解決したいという業界の要請は久しく放置されてきた。

抵抗シーム溶接条件の三大要素は溶接電流、通電時間、加圧送給であり、さらに電極、制御も重要な因子である。最近に至って業界のニーズに対応できる抵抗シーム溶接要素技術の研究開発が見られ、レーザ溶接法などに頼っていた継手をシーム溶接法で解決できる見通しがついてきた。

#### 2.1 溶接トランスの開発

抵抗シーム溶接には極めて大きな電流を使用し溶接トランスも大型であるが、従来は構造が簡単で比較的安価な商用周波数の単相交流式のトランスが使用されてきた。しかし、単相交流式抵抗溶接機は電力損失が大きく効率が非常に悪いので、抵抗シーム溶接機のようなとくに大電流で長時間稼動するものは省電力のトランスの開

発が切望されてきた。

溶接トランスの効率化のためにまず考えられたのは、電磁鋼板など素材に高品質なものを選択することと、冷却方式の改善など設計による損失の低減でトランスの寸法重量も軽減された。

次に交流トランスにおけるインピーダンスロスをなくすために直流化を図ることに着目し、近年開発された大容量の整流素子を使用して整流器群を特殊設計し、省電力・小型軽量の単相交流入力の直流出力溶接トランスを開発した。

また、従来の溶接トランスの電源は商用周波数の単相交流だったので、周波数による制限を受けて一定以上に通電時間を短縮することができず、シーム溶接速度に限界があった。そこで直接周波数変換装置を用いて3倍周波数の単相交流電源を作り、これを電源として直流出力の溶接トランスによって従来のシーム溶接機の2倍～3倍という超高速シーム溶接機を開発した。

3倍の中周波としてインバータ化した溶接電源トランスの周波数をさらに300Hz, 600Hz, 800Hz, 10,000Hzと上げていくと、溶接トランスの効率は格段に改善され、大幅に小型軽量化される。例えば周波数を3,000Hzとし

た場合、溶接電源トランスの容積は50Hzの場合に比べて約10の1になっている。

写真1に小型化された最近の抵抗溶接用トランスとインバータ電源を示す。超小型・軽量型のMFトランスは省電力で消費電力を低減しており、また、低加圧域での溶接条件が可能で条件幅が拡大した。さらに、可変周波数制御で低スパッタを実現。電流波形をビジョライズした使いやすい操作性である。また表1に小型軽量化されたMFトランス・溶接電源の仕様を示す。

## 2.2 加圧力の高精度化、ハイレスポンス化

溶接電流、通電時間、加圧力、溶接速度など溶接条件のバランスと変動に対する迅速かつ精密な修正、追隨、調整によって高品質な溶接が効率よく行われる。加圧力は最近の高性能なサーボモータによって精度とハイレスポンスが保持されている。

## 2.3 制御技術

電流制御、通電制御、加圧制御、速度制御等々溶接条件を高精度に制御管理することは、溶接性能や溶接品質向上の上に肝要であるが、最近の制御技術の著しい進

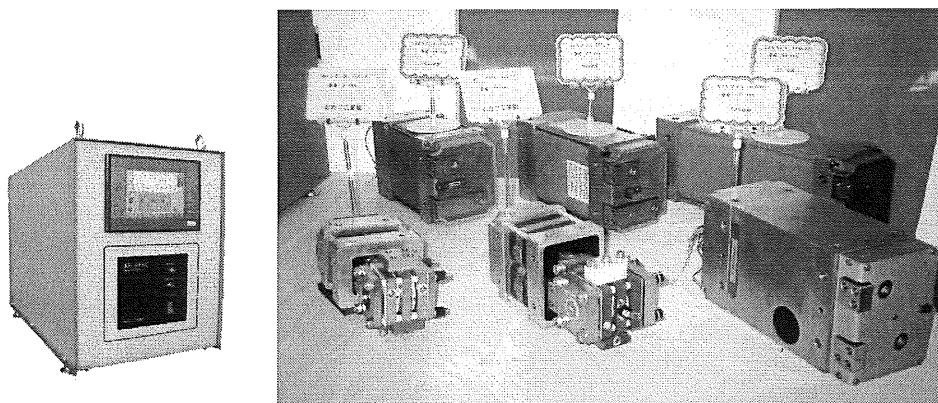


写真1 小型軽量化された最近の高効率の抵抗溶接トランスとインバータ電源

表1 MFトランス・電源の仕様

型式	AH-MF-G70	AH-MF-B90	AH-MF-E110	AH-MF-G70×2	AH-MF-B90×2
入力電源	380V～440V	380V～440V	380V～440V	380V～440V	380V～440V
周波数	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
定格容量	70kVA	90kVA	110kVA	140kVA	180kVA
二次電圧	11.7V	12.7V	30V	11.7V	12.7V
TDC	5000A	5000A	5000A	5000A	5000A
最大短絡電流	15000A	15000A	10000A	30000A	30000A
寸法	100×120×240	120×140×265	120×150×300	G70×2	B90×2
重量	8.3Kg	12.9Kg	18Kg	18Kg	18Kg
冷却水流量	4L/分以上	4L/分以上	8L/分以上	8L/分以上	8L/分以上
電源型式	AH-FFHC	AH-FFHC	AH-FFHC	AH-FFHC	AH-FFHC
登録条件	15条件	15条件	15条件	15条件	15条件

歩は抵抗シーム溶接技術の飛躍発展の上に大きく貢献している。

## 2.4 その他の技術

シーム溶接に関連する技術にはその他にも電極関連技術、送給転送技術、スリップ対策技術等々各種のものがあり、最近の発達が著しい。

これらの優れた技術に支えられ、また各々の技術の相乗効果もあって抵抗シーム溶接技術の急速な進歩には目を見張るものがある。

## 3 新しい抵抗シーム溶接機

抵抗シーム溶接機のニーズの拡大と共に汎用シーム溶接機に代わって専用シーム溶接機の需要が増大してき

表2 従来型シーム溶接機と高速シーム溶接機の仕様の比較

	在来型 シーム溶接機	高速 シーム溶接機
入力	100kVA	70kVA
入力電源	AC 200V	AC 200V
最大短絡電流	DC 40000A	DC 30000A
最大加圧力	5880N	5880N
最大溶接速度	4M/分	20M/分
電極円板径	250mm $\phi$	
電極厚さ	12mm	
電極端径	8mm	

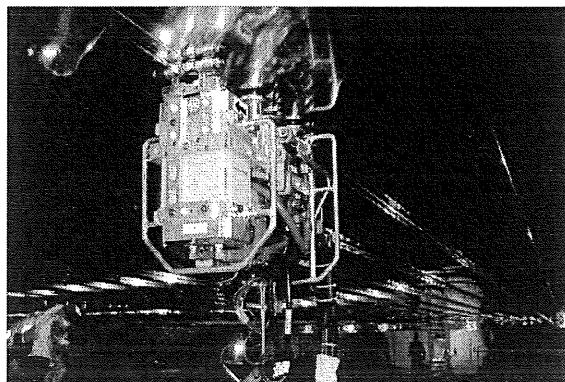


写真2 LNGタンク・メンブレンを上向溶接中の自走シーム溶接機

表3 自走シーム溶接機の仕様

品名	自走シーム溶接機
定格容量	25kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	10000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	2kN
電極径	$\phi$ 70
トランス	ARO25kVA
タイマ	STC-951

た。新しい抵抗シーム溶接技術は従来見られなかった高性能な各種の抵抗シーム溶接機を開発するとともに、業界のニーズに対して効率が優れ、生産性も高く特徴のある各種の専用シーム溶接機が出現した。

### 3.1 高速直流シーム溶接機

中周波インバータ特殊溶接電源の開発によって従来のシーム溶接機の2倍以上の溶接速度の超高速シーム溶接機を開発した。その仕様の比較を表2に示す。

### 3.2 自走シーム溶接機

GTT型メンブレンLNG船タンクのアンバー材（36%ニッケル・鉄合金）メンブレンをシーム溶接するために設計製作された全姿勢型自走高速シーム溶接機である。トランプとヘッド一体型で小型軽量、上向姿勢、横向姿勢、下向姿勢共高速で溶接される。

写真2に自走シーム溶接機によってメンブレンの上向溶接中の状況を、また表3に溶接機の仕様を示す。

### 3.3 縦シーム溶接機

厚板やアルミ合金板（2mm厚×2mm厚）の溶接も

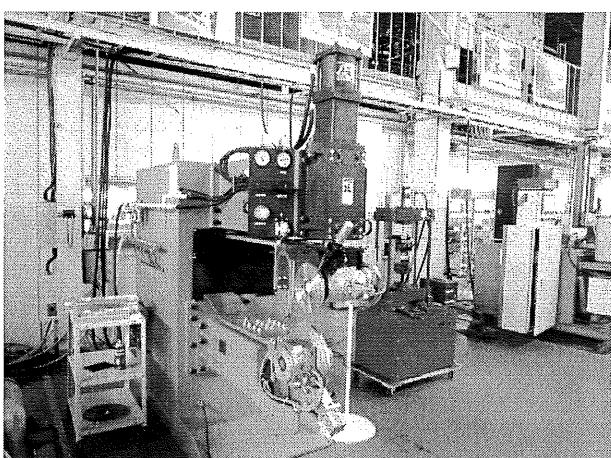


写真3 縦シーム溶接機

表4 縦シーム溶接機の仕様

品名	縦シーム溶接機
定格容量	150kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	20000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	10kN
電極ストローク	50mm
電極径	$\phi$ 280
トランス	AH-DCトランス
タイマ	STC-951

可能な高出力の直流式縦シーム溶接機である。直流式のためフトコロ寸法に影響されず安定した溶接ができる。

溶接機の外観を写真3に、また溶接機の仕様を表4に示す。

### 3.4 アルミ用横シーム溶接機

アルミニウムの2mm板が溶接できる高出力の直流式横シーム溶接機である。高電流を必要とするアルミニウム合金板のシーム溶接用に開発されたもので、直流式のため溶接物の大きさに影響されずに美麗な溶接ができる。溶接機と2mm厚アルミシーム溶接機の外観を写真4に、また溶接機の仕様を表5に示す。

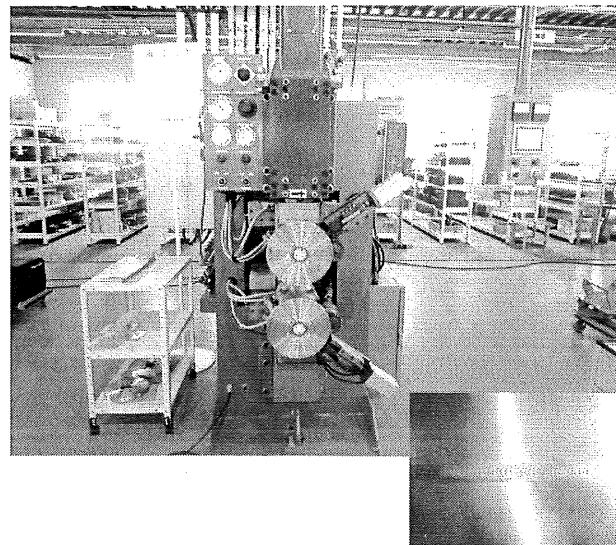


写真4 アルミ用横シーム溶接機

表5 アルミ用横シーム溶接機の仕様

品名	アルミ用横シーム溶接機
定格容量	150kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	30000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	10kN
電極ストローク	100mm
電極径	250 $\phi$
トランス	AH-DC
タイマ	STC-951

### 3.5 高速横シーム溶接機

MFトランスと専用溶接電源を使用することで最大溶接速度20m/分の高速溶接を実現した。溶接機の外観と0.6mm厚の冷延鋼板を速度20m/分でシーム溶接した試

験片を写真5に、溶接機の仕様を表6に示す。



【使用例】

SPCC 0.6t+0.6t

20M/分

写真5 高速横シーム溶接機

表6 高速横シーム溶接機の仕様

品名	高速横シーム溶接機
定格容量	180kVA
一次電圧	400V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	20000A
電極回転速度	20M/分
最大加圧力	10kN
加圧機構	エアシリンダ
電極径	250 $\phi$
トランス	AH-MFトランス
タイマ	AH-FFHC (SEAM)

### 3.6 マイクロシーム溶接機

交流溶接トランスと定電流タイマを使用。上下とも70mm  $\phi$  径の電極でステンレスの50  $\mu$  の極薄板などのシーム溶接ができる。銅、銅合金のシーム溶接も可能である。溶接機を写真6に、溶接機の仕様を表7に示す。

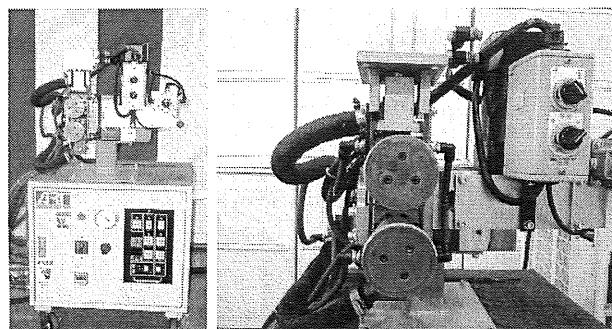


写真6 マイクロシーム溶接機

表7 マイクロシーム溶接機の仕様

品名	マイクロシーム溶接機
定格容量	48kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	8000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	2kN
電極径	φ 70
トランス	ARO48kVA
タイム	STC-951

### 3.7 ダブルリンクシーム溶接機（通称ゴリゴリシーム溶接機）

交流溶接トランスと定電流タイマを使用し、平行電極

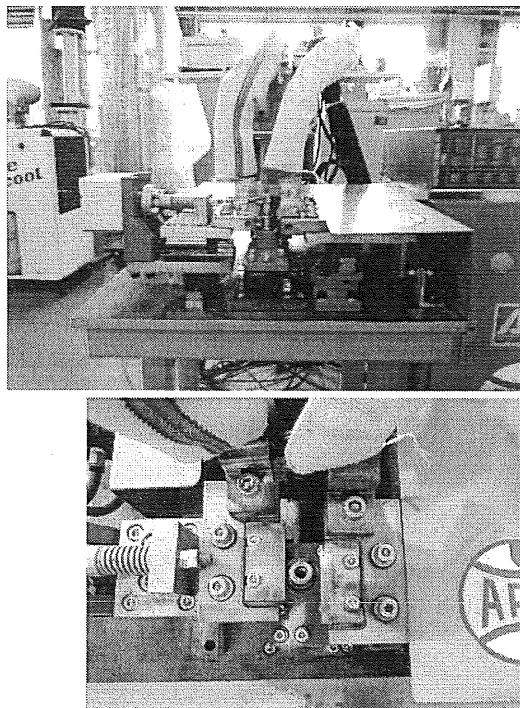


写真7 ダブルリンクシーム溶接機

表8 ダブルリンクシーム溶接機(ゴリゴリシーム溶接機)の仕様

品名	ダブルリンクシーム溶接機
定格容量	53kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	12000A
電極回転速度	1.6M/分
最大加圧力	1.5kN
電極	t10×F
トランス	ARO53kVA
タイム	STC-951

で円筒形状のワークを簡単にシーム溶接する。溶接機を写真7に、溶接機の仕様を表8に示す。

### 3.8 S字シーム溶接

交流溶接トランスと定電流タイマを使用。電極径は上下とも26mm φと小径で両電極輪が同期して駆動する。S字形状のワークをシーム溶接できる。シーム溶接機を写真8に、溶接機の仕様を表9に示す。

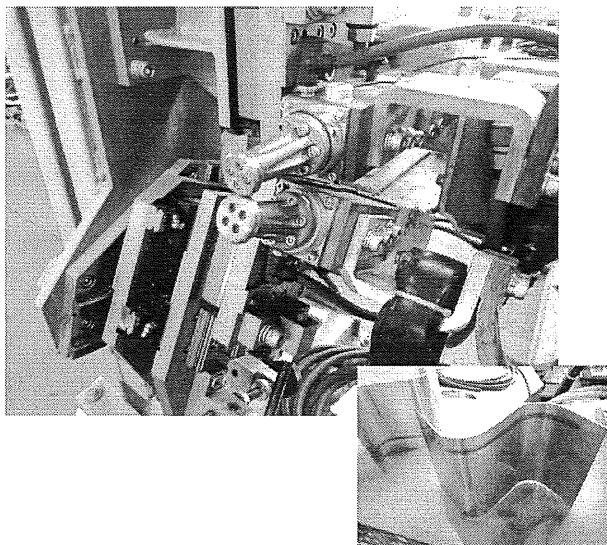


写真8 S字シーム溶接機

表9 S字シーム溶接機の仕様

品名	S字シーム溶接機
定格容量	60kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	15000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	2.5kN
電極径	上下26 φ
トランス	ARO60kVA
タイム	STC-951

### 3.9 エルボシーム溶接機

直流溶接トランスと定電流タイマを使用。空調エルボ管など100mm φ径以上のエルボ管のシーム溶接ができる。シーム溶接機を写真9に、溶接機の仕様を表10に示す。

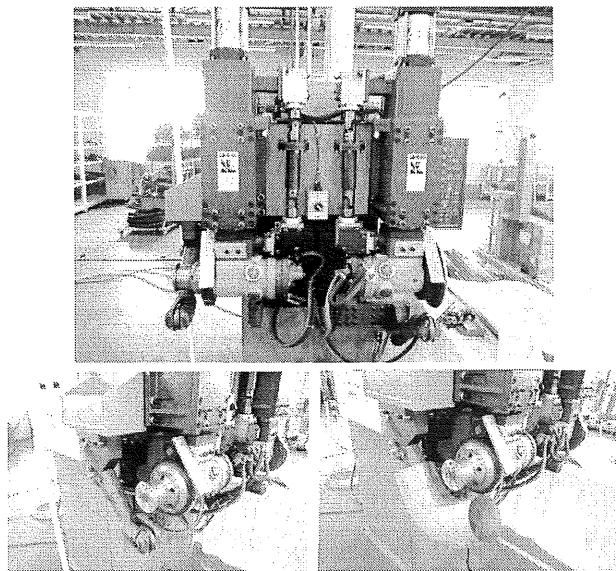


写真9 エルボシーム溶接機

表10 エルボシーム溶接機の仕様

品名	エルボシーム溶接機
定格容量	50kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	12000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	3kN
上下同期方式	下フリー回転（上に追従）
電極径	上：250φ/下：90φ
トランス	AH-DCトランス
タイマー	STC-951

### 3.10 コーナーシーム溶接機

交流溶接トランスと定電流タイマを使用。上下両電極共半割れ状の特殊形状の電極を使用し、フランジ付ワークの端から端までシーム溶接が施工できる。シーム溶接機を写真10に、溶接機の仕様を表11に示す。

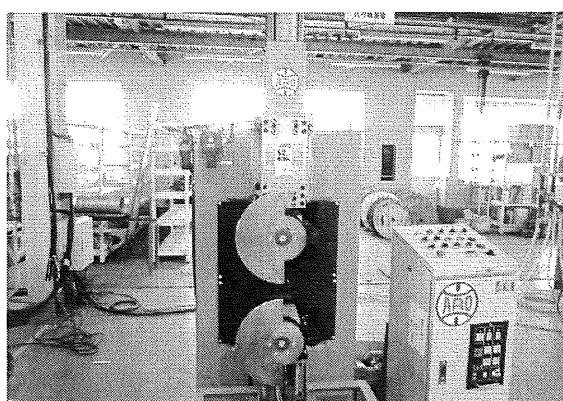


写真10 コーナーシーム溶接機

表11 コーナーシーム溶接機の仕様

品名	コーナーシーム溶接機
定格容量	96kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	12000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	6kN
電極ストローク	50mm
電極径	350φ
トランス	ARO48kVA×2
タイマー	STC-951

### 3.11 ツインシーム溶接機

交流溶接トランスと定電流タイマを使用。二電極とも同じ面の片側に置いて、片側よりのシーム溶接施工ができる。海洋構造物などの薄板耐食材料クラッド溶接施工に適用するなど、材料の大きさや形状に影響を受けないシーム溶接機である。シーム溶接機を写真11に、溶接機の仕様を表12に示す。

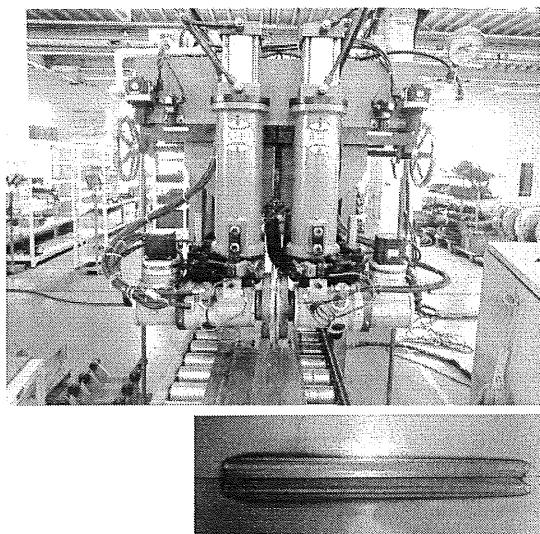


写真11 ツインシーム溶接機

表12 ツインシーム溶接機の仕様

品名	ツインシーム溶接機
定格容量	200kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	20000A
電極回転速度	4M/分
最大加圧力	4kN
電極ストローク	65mm
電極径	250φ
トランス	ARO100kVA×2
タイマー	STC-951

### 3.12 フープシーム溶接機

交流溶接トランスと定電流タイマを使用。フープ材コイル継を容易にシーム溶接できる装置で、銅めっき板、SUS鋼板、鉄板など0.1mm板から溶接可能である。シーム溶接機を写真12に、溶接機の仕様を表13に示す。

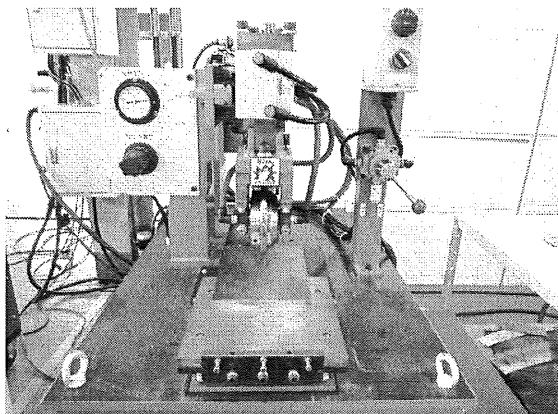


写真12 フープシーム溶接機

表13 フープシーム溶接機の仕様

品名	フープシーム溶接機
定格容量	48kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	10000A
電極回転速度	1.5M/分
最大加圧力	1.5kN
最大溶接長	100mm
電極径	160 φ
トランス	ARO48kVA
タイマ	STC-951

### 3.13 平シーム溶接機

1つのワークで溶接電流、溶接速度、通電時間、休止

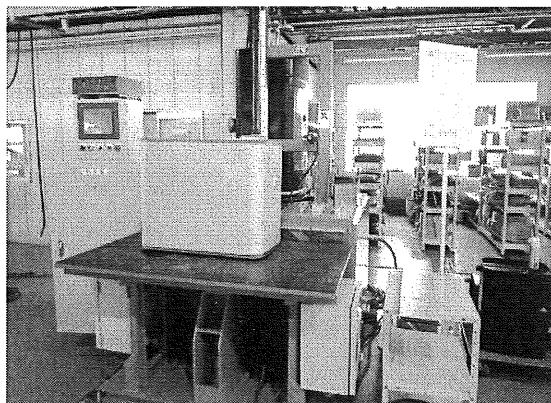


写真13 平シーム溶接機

表14 平シーム溶接機の仕様

品名	平シーム溶接機
定格容量	300kVA
一次電圧	200V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	35000A
電極回転速度	2M/分
最大加圧力	6kN
電極ストローク	50mm
電極径	340 φ
トランス	AH-DCトランス
タイマ	STC-951

時間、距離を10条件セットすることができる。シーム溶接機を写真13に、溶接機の仕様を表14に示す。

### 4 ロボットシーム溶接機

MFインバータ溶接トランスと専用溶接電源を利用することによって、トランス・ヘッド一体型のロボット搭載用の高効率、超小型軽量のシーム溶接機が開発された。このシーム溶接機をロボットに搭載して超高速シーム溶接が可能となり、またロボットによる片面シーム溶接もできる様になった。

溶接ロボットは通常6軸であるが、ロボットシーム溶接の場合は特別に設計した8軸のロボット（NACHI-ST200）との組み合わせで、動作の完全同期化を実現し3次元のシーム溶接を可能にした。

#### 4.1 ロボシーム溶接機

自動車の車体用に開発したロボットシーム溶接機である。MFトランスと専用溶接電源を使用し、円板の両電極に挟んで3次元の高速シーム溶接を行う。ロボシーム溶接機を写真14に、溶接機の仕様を表15に示す。

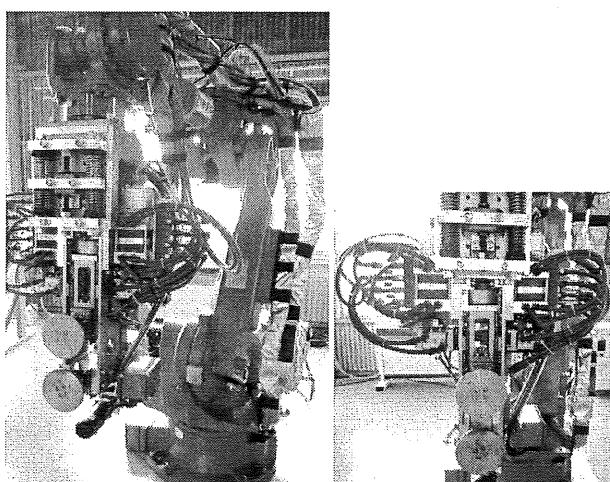


写真14 ロボシーム溶接機

表15 ロボシーム溶接機の仕様

品名	ロボシーム溶接機
定格容量	140kVA
一次電圧	400V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	15000A
電極回転速度	20M/分
最大加圧力	4kN
電極ストローク	30mm
電極径	135φ
トランス	AH-MF
タイマ	AH-FFHC (SEAM)

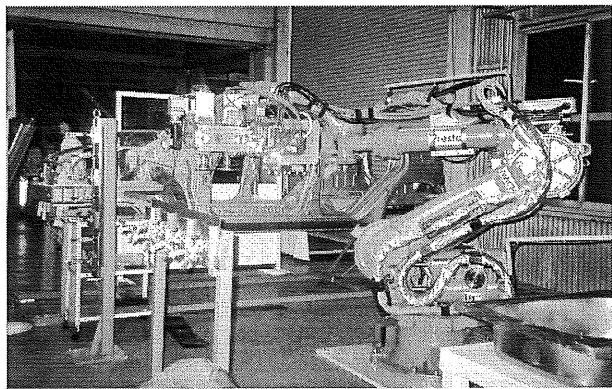


写真15 ロボシーム溶接機による乗用車の窓枠のシーム溶接

写真15はロボシーム溶接機によって乗用車の窓枠をシーム溶接しているところである。今後自動車産業においてシーム溶接がスポット溶接と同様に広く普及していくものと思われる。

## 4.2 片面ロボットシーム溶接機

ロボシーム溶接機と同様に超小型軽量シーム溶接機を

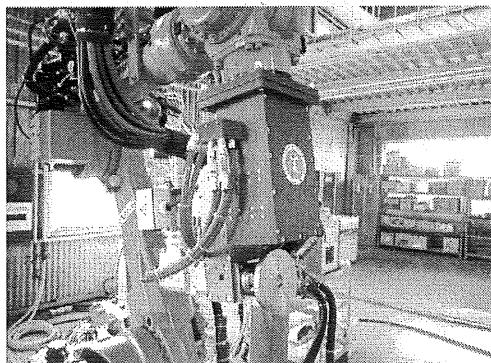
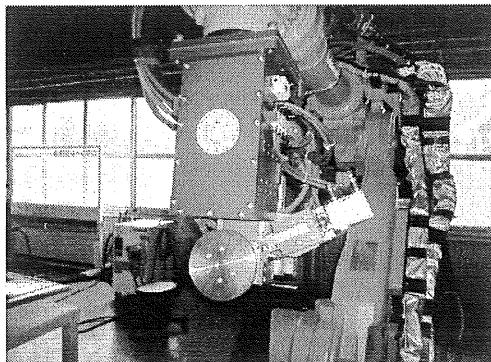


写真16 片面ロボットシーム溶接機

表16 片面ロボットシーム溶接機の仕様

品名	片面ロボットシーム溶接機
定格容量	110kVA
一次電圧	400V
定格周波数	50/60Hz
使用率	50%
最大短絡電流	10000A
電極回転速度	10M/分
最大加圧力	4kN
電極径	160φ
トランス	AH-MFトランス
タイマ	AH-FFHC (SEAM)

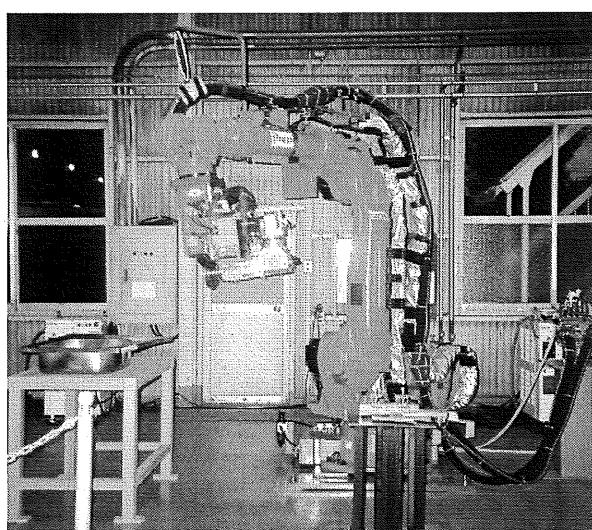


写真17 片面ロボットシーム溶接機による厨房品（水槽）の片面溶接

NACHI-ST200ロボットに組み込んで動作を完全に同期化し、片側からの3次元のシーム溶接を実現した。片面ロボットシーム溶接機を写真16に、また溶接機の仕様を表16に示す。写真17は片面ロボットシーム溶接機によって厨房品（ステンレス製流し水槽）を片面溶接したところを示している。

## 5 おわりに

抵抗シーム溶接法は使用性に優れ、薄板構造物に最適の溶接法である。最近に至って業界の強い要請を受けて、その全面的な普及の障害となっていた技術上の問題点が

解決され、各種の特徴ある優れた専用シーム溶接機が次々と開発され実用の段階に入っている。

中でもエネルギーが少なく高効率の小型軽量溶接トランスや加圧技術、制御技術、ロボットとの結合技術の飛躍的な開発は、今後の抵抗シーム溶接の薄板構造分野への拡大普及に無限の可能性を与えている。

本稿では最近市販された代表的な高速シーム溶接機、高性能シーム溶接機、片側シーム溶接機、ロボットシーム溶接機等を紹介しているが、ご質問などがあれば何なりとART-HIKARI(株)にお問い合わせ下さい。

