

© 1986 ISIJ

## 溶接性に及ぼす材料の表面形態と溶接法の影響 技術報告

宮地昭夫\*・安仲健二\*・藤村 司\*・清水信義\*<sup>2</sup>

## Effect of Surface Characteristics and Welding Method on Weldability of Can Materials

Akio MIYACHI, Kenji YASUNAKA, Tsukasa FUJIMURA and Nobuyoshi SHIMIZU

## Synopsis :

An evaluation of weldability has been made on new materials used for welded cans.

And the relation between the electric contact resistance( $R_c$ ) and, the surface characteristics of these materials has been studied.

Furthermore the possibility of welding of tin free steel by improving the surface characteristics and the welding method has been also discussed.

The results obtained were summarized as follows :

(1) A lightly tin coated steel with the nickel preplated layer, when the nodular metallic tin layer was formed, had a low  $R_c$  and a good weldability.

(2) A tin free steel, when the granular metallic chromium layer was deposited, showed the lower  $R_c$  and the better weldability than the tin free steel which has flat metallic chromium layer.

(3) The improved welding method, which applies pre-pressing on the blank edge before seam welding or uses tin coated copper wire for intermediate electrodes, also showed lower  $R_c$  and raised weldability.

## 1. 緒 言

現在、一般食品および飲料用容器として、スチール缶が多く使用され、なかでもスチール溶接缶の生産の伸びは著しい。溶接缶の製造に使用されるワイヤーシーム溶接法の特徴として、これまで長い間はんだ缶用材料として使用されてきたぶりきそのまま使用できることに加えて、はんだ付けに必要な錫付着量の下限がなくなることが挙げられる。また、全く新しい缶用材料の開発も期待できる。このため、ここ数年ぶりきよりも更に安価な溶接缶用新材料の開発が盛んに行われ、特に最近では、薄錫めつき鋼板 (Lightly Tin Coated Steel Sheet, LTS)、ニッケルを前めつきした薄錫めつき鋼板 (Ni Preplated LTS)、あるいはニッケルめつき鋼板などの開発が活発に行われ、その一部はすでに実用に供されている。

一方、接着缶用材料として広く使用されている TFS-CT (Tin Free Steel Chromium Type) は、その表面のクロム水和酸化皮膜の電気抵抗が大きいため、溶接により製缶するには、その溶接予定部の表面皮膜を研削除去しなければならないのが現状であり、この皮膜を研削除去することなしに溶接可能な TFS-CT、あるいは、

溶接方法の開発が望まれている。

本報告では、これらの溶接缶用新材料の溶接性を調査するとともに、溶接可能な TFS-CT の開発の可能性、ならびに溶接方法の改良による TFS-CT の溶接の可能性を探り、さらには、これらの材料表面の接触電気抵抗と表面形態との関係について考察を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 供試材

供試材には、通常のぶりき、TFS-CT、新しい溶接缶用材料としてニッケルを前めつきした LTS、ニッケルめつき鋼板を用いた。それらの表面皮膜の構成を Table 1 に、表面電顕写真を Photo. 1 に示した。

また、各材料表面層の微細な凹凸が接触電気抵抗や溶接性に与える影響を調査するため、ニッケルを前めつきした LTS については、異なる条件下で鋼板を前処理した後、ワット浴からニッケルめつきを施し、ついでフェロスタン浴を用いて錫めつきをおこない、リフロー処理をおこなつて、錫を島状 (nodulated) に分布させた材料 B-2、B-3 と、錫厚さを均一にした材料 B-1 とを作成した。ここで、オージェを用いて材料 B-3 の島状の部分の厚さを測定したところ、平坦な部分よりも全錫で 3~

昭和 60 年 10 月 22 日受付 (Received Oct. 22, 1985)

\* 東洋鋼板(株)下松工場 (Kudamatsu Plant, Toyokohan Co., Ltd., 1296 Higashitoyoi Kudamatu 744)

\*<sup>2</sup> 東洋鋼板(株)技術研究所 (Technical Research Laboratory, Toyokohan Co., Ltd.)

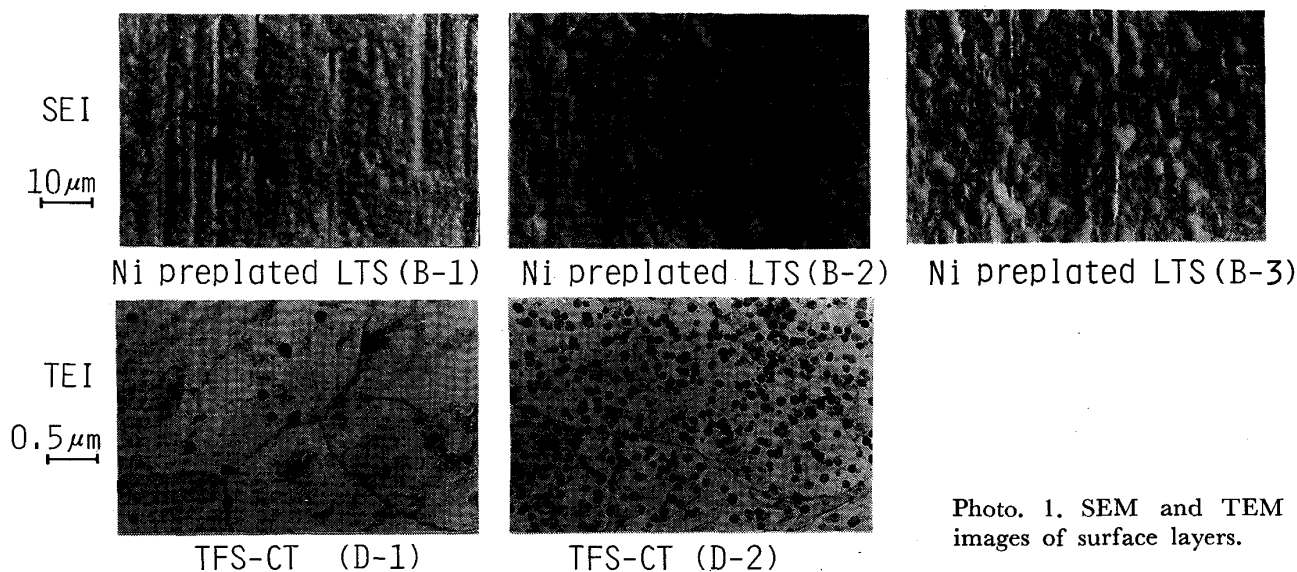


Photo. 1. SEM and TEM images of surface layers.

Table 1. Specification of test samples.

Sample		Average Sn (mg/m <sup>2</sup> )			(Ni (mg/m <sup>2</sup> ))	metallic chromium (mg/m <sup>2</sup> )	chromium oxide as Cr (mg/m <sup>2</sup> )
		Total	※1 Free	※2 Free			
A	Tinplate	2 800	2 400	1 810	0	0	6
B-1	Ni preplated LTS	800	380	60	15	6	6
B-2	Ni preplated LTS (Nodulated tin)	600	310	60	15	6	6
B-3	Ni preplated LTS (Nodulated tin)	800	400	140	15	6	6
C	Ni coated steel	0	0	0	600	0	6
D-1	TFS-CT	0	0	0	0	100	15
D-2	TFS-CT (Granulated chromium)	0	0	0	0	100	15

※1 As received

※2 After baking at 210°C for 20 min.

9 倍、合金錫で 1.5~3 倍の厚さを有していた。

TFS-CT については、鋼板を前処理したのち、クロム酸を主体とした浴から異なる電解条件下で、電解クロム酸処理をおこなつて、金属クロムを微細な粒状突起を有する析出形態 (granulate deposition) にした材料 D-2 と、平滑な析出形態にした材料 D-1 とを作成した。

ここで、D-2 の金属クロム層の粒状クロム部と板状クロム部の厚さを分析電頭を用いて、Cr-K $\alpha$  線の測定強度で比較したところ、粒状部は板状部の約 4~8 倍の値となつた。めつき原板にはすべて、テンパー度 T-4CA、板厚 0.21 mm、平均粗さ 0.2  $\mu$ m に仕上げたアルミキルド鋼連铸材を使用した。なお、本実験においては、すべての供試材は 210°C で 20 min の空焼きをおこなつ

た後、実験に使用した。

供試材のうち、錫系の材料はこの空焼き中に金属錫の一部が鉄-錫合金に変化し、表面に残つた金属錫量が材料の溶接性や表面の接触電気抵抗に影響するため<sup>1)2)</sup>、全錫量が同一の材料と、空焼き後の金属錫量が同一となるような供試材を選択した。

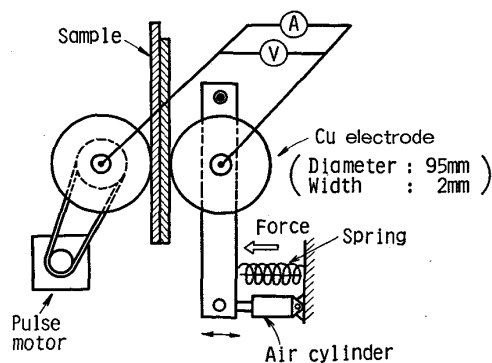
## 2.2 実験装置および実験方法

### 2.2.1 接触電気抵抗の測定

1) 常温、低加圧時の接触電気抵抗 (以下、 $R_c$  と略す) の測定

電気抵抗シーム溶接において溶接時に発生する熱量は、材料の電気抵抗によるジュール熱であるため、材料の  $R_c$  は溶接性に大きく影響することが確認されて<sup>3)</sup> おり、材料の溶接性評価の指標として広く用いられている。本実験においても Fig. 1 に示す装置を使用して、常温時の各種材料の  $R_c$  を測定した。

本装置を用いて測定した  $R_c$  は、電極と材料間の接触電気抵抗 ( $R_1$ )、2 枚の材料間の接触電気抵抗 ( $R_2$ )、鋼

Fig. 1. Measuring device of contact resistance ( $R_c$ ).

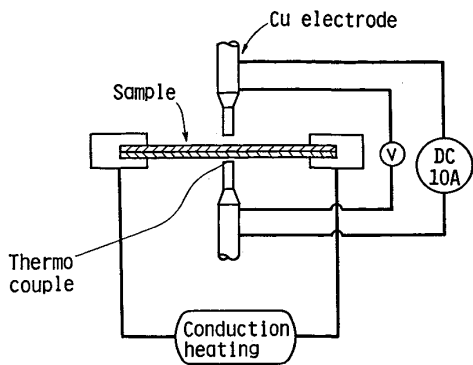


Fig. 2. Measuring device of contact resistance at high temperature ( $R_t$ ).

の電気抵抗 ( $R_2$ ) の総和であり (1) 式により示される。

$$R_c = 2R_1 + 2R_2 + R_3 \dots \dots \dots (1)$$

測定は同一材料の2枚を重ねて1組とした材料を、平坦で清浄な幅2mmの銅製および約3g/m<sup>2</sup>の錫めつきした銅製電極ロール間に挿入し、50kgfで加圧した電極ロールを回転させて材料を一定の長さ移動させ、その間に電極間に直流の定電流5Aを通电して連続的に電極間電圧を測定し、 $R_c$ を求めた。

2) 高温時の接触電気抵抗 (以下、 $R_t$ と略す) の測定

実際の溶接接合は加熱、昇温された状態で行われるので、常温時の $R_c$ とは別に、接合開始直前、すなわち、高温時の $R_t$ をFig. 2に示す装置を使用して測定した。

酸化膜をエメリーで除去した上下2本の銅電極チップ (直径2mm) 間に、JIS 6号引張試験片に打ち抜いた2枚の材料を挿入し、電極チップ間に50kgfの荷重を静かに加えた後、材料を通电加熱して約2°C/sの割合で材料温度を上昇させた。同時に上下電極チップ間に直流10Aを通电して電極間電圧を測定して $R_t$ を求めるとともに、電極チップの先端温度を測定した。なお、あらかじめ電極チップ直下の材料の重ね合せ部に熱電対を挿入して、電極チップの先端の温度と材料界面の温度との関係を求めておき、実験後、電極チップの温度から材料の温度を推定した。

3) 高加圧時の接触電気抵抗 (以下、 $R_p$ と略す) の測定

Fig. 3-(a), (b)に示す鍛接性測定装置のステンレスワイヤーを銅ワイヤーに換え、上下の銅ワイヤー間に直流10Aを流し、加圧力と $R_p$ との関係を求めた。

2.2.2 鍛接性の測定

電気抵抗シーム溶接法では、十分な接合強度を得るに必要な最低温度は900°Cと推定され、さらに溶接中の

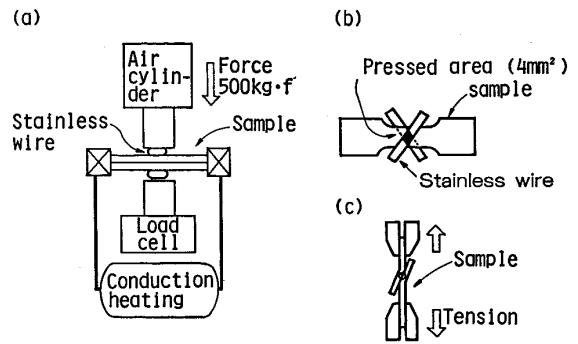


Fig. 3. Measuring method of forging property.

Table 2. Welding conditions.

Item No.	Freq. (Hz)	Speed (m/min)	Overlap (mm)	Electrode force (kg f)	Wire
A	400	32.5	0.4	50	Cu or Tin coated Cu
B	60	15	0.8	45	Cu

材料の温度が鋼の融点を越えると、溶融した鋼の飛散、いわゆるスプラッシュが発生するので、通常の溶接製作作業は約900~1500°Cの範囲内で行われている<sup>4)</sup>。従つて、この溶接は、接合法としては鍛接接合法に属すると考えられ、各材料の鍛接性を調査した。

鍛接性の測定はFig. 3-(a)に示す装置を用いておこなつた。幅2mmに圧延し互いに直角に交差させた上下2本のステンレスワイヤー間に、JIS 6号引張試験片に打ち抜いた2枚の同一材料を重ね合わせてはさみ、材料界面を密着させた後、通电加熱により材料の温度を上昇させた。

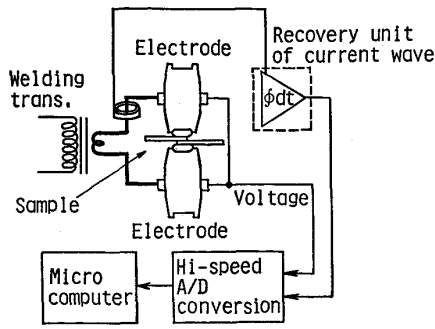
目標温度へ到達後、通常、溶接中の材料に作用していると推定される平均加圧力90kg/mm<sup>2</sup>を材料に加えて鍛接をおこなつた後、Fig. 3-(c)に示す方法で引張試験を行い、鍛接部強度を測定した。

2.2.3 溶接実験

溶接実験はTable 2に示す2種類の缶用ワイヤーシーム溶接機を使用した。

高速溶接機Aは主に材料の溶接性評価に使用し、Table 2に示す溶接条件のもとで溶接実験をおこなつた。また、溶接トランスの2次側にトロイダルコイルを挿入して溶接電流を測定した。

溶接性は溶接可能電流範囲 (Available Current Range, 以下、ACRと略す)の大小で比較した。すなわち、溶接部を肉眼で観察して、缶全長にわたつて、長さが0.5mm以上のスプラッシュが認められない最大電流 ( $I_{max}$ ) と引き裂きテスト (Tearing test) によつてシーム部に破断が生じない最小電流 ( $I_{min}$ ) との差 ( $I_{max}$ -



A/D conversion time : 1 $\mu$ s  
 Channel : 3  
 Memory storage : 50kbyte/channel

Fig. 4. Measuring system of welding resistance ( $R_c$ ).

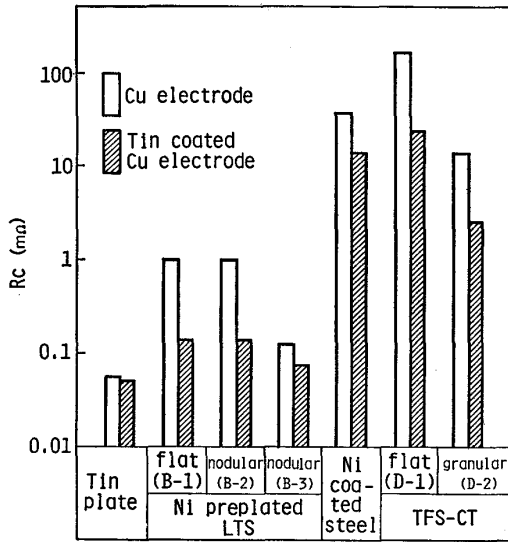


Fig. 5. Relationship between surface characteristics and contact resistance ( $R_c$ ).

$I_{min}$ ) を ACR とした。

一方、溶接中の電気抵抗を測定するために低速溶接機 B を使用した。

2.2.4 溶接中の電気抵抗の測定

Fig. 4 に示した装置を使用して、溶接中の電気抵抗を測定した。すなわち、低速溶接機 B の溶接トランス 2 次側に挿入したトロイダルコイルから電流波形を再現し、また、上、下電極直近の導体から電圧を測定し、電気抵抗を算出した。

3. 実験結果

3.1 接触電気抵抗

3.1.1 常温時の接触電気抵抗 ( $R_c$ )

Fig. 5 に表面が銅及び錫めつきを施した銅製の電極ロールを用いて、各材料の  $R_c$  を測定した結果を示した。銅電極ロールを使用したとき、ぶりき、ニッケルを前め

つきした LTS の  $R_c$  は比較的低い値を示すが、ニッケルめつき鋼板、TFS-CT の  $R_c$  は高い値を示した。しかし、TFS-CT でも、その析出金属クロムが粒状の突起を有する場合は低い  $R_c$  を示した。これは、 $R_c$  測定時に金属クロムが電気抵抗の高いクロム水和酸化物層を加圧により破壊し、多数の通電接触点が生じたためと考えられる。

ニッケルを前めつきした LTS の  $R_c$  は、全錫量が同一であっても、錫分布が異なる材料 B-1 と B-3 とは異なる値を示した。一方、全錫量が異なっても、空焼き後残存した金属錫量が同一の材料 B-1 と B-2 とは  $R_c$  の差はなく、ほぼ同一の値を示した。

これは、錫を島状に分布させた材料 B-2 や B-3 では、Table 1 に示すように、空焼き後金属錫が多く残るため、 $R_c$  が低下したこと<sup>2)</sup>を示している。

このように、金属錫量の多い材料が低い  $R_c$  を示すのは、軟い錫が電極の加圧力で変形し、表面のクロメート皮膜、および錫酸化皮膜などが破壊されたためと考えられる。

一方、電極ロールに錫めつきを施すことにより各材料の  $R_c$  は大きく低下し、特に、 $R_c$  が高い材料ほど顕著であった。この結果は、材料の表面だけでなく材料と接触する電極表面の物性によっても、 $R_c$  は影響されることを示している。

3.1.2 材料加熱時の接触電気抵抗 ( $R_t$ )

材料の温度と  $R_t$  との関係性を調査した結果を Fig. 6 に示した。

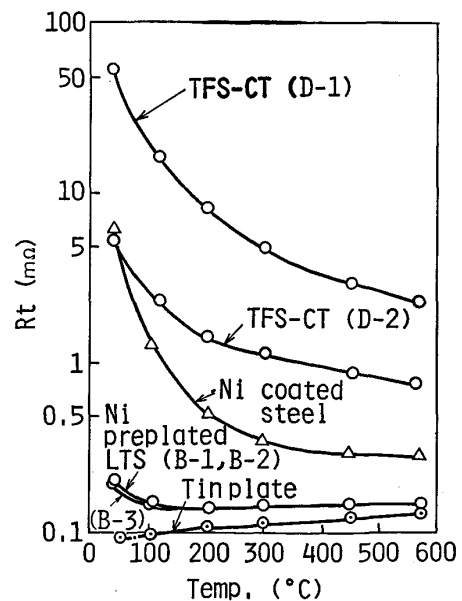


Fig. 6. Relationship between temperature and contact resistance ( $R_t$ ).

ぶりを除いた他の材料は温度の上昇に伴い、その  $R_t$  はいずれも大きく低下する傾向を示した。一方、ぶりの場合は温度の上昇に伴い他の材料とは反対に  $R_t$  はわずかながら増加する傾向を示した。

これらの結果は、鋼の電気抵抗の温度依存性と材料の接触界面の状態変化の両方が影響したため<sup>9)</sup>と考えられる。

3.1.3 高加圧作用時の接触電気抵抗 ( $R_p$ )

すべての材料の  $R_p$  は加圧力の増加に伴い減少する傾向<sup>9)</sup>があるが、さらに、TFS-CT (D-1) を用いて加圧力を増加させた後、再度、減少させた時の  $R_p$  の変化を Fig. 7 に示した。加圧力の増加に伴って低下した  $R_p$  は、加圧力を減少させても上昇せず、最高加圧時の  $R_p$  のままであった。このことは、加圧により高電気抵抗の表面皮膜が非可逆的に破壊されたことを示唆している。

3.2 鍛接性

各材料の加熱温度と鍛接部引張破断強度との関係を

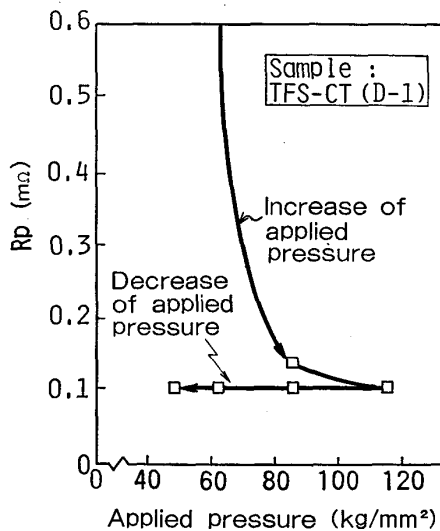


Fig. 7. Change in contact resistance with increased and decreased applied pressure.

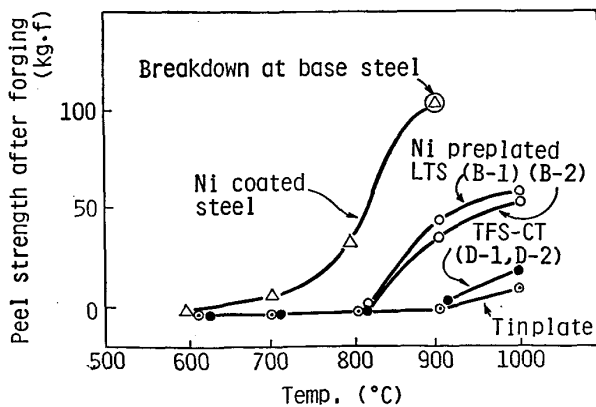


Fig. 8. Relationship between forging temperature and peel strength.

Fig. 8 に示した。温度の上昇にともない引張破断強度は増加するが、材料の種類によつて破断強度に大きな差が認められ、ニッケルめつき鋼板が最も高い値を示し、ついでニッケルを前めつきした LTS となり、TFS-CT とぶりは共に低い値を示した。なお、Fig. 8 中の母材破断とは鍛接接合部の直近が破断せず鍛接部より離れた場所の母材が破断した状態をいう。

この結果から、材料界面が鍛接接合される最低の温度は、材料表面の金属の種類によつて大きく異なり、溶接中に材料界面が接合される最低の温度は材料によつて約 700~1000°C の差異があることを示唆している。

3.3 溶接試験結果

Fig. 9 に高速溶接試験機において、銅ワイヤーを用いて得られた ACR と材料の  $R_c$  の関係を示した。

Fig. 9 より、材料の  $R_c$  と ACR とはおよその相関が認められるが、ニッケルめつき鋼板の ACR は  $R_c$  から予測されたよりも高い値を示した。また、TFS-CT (D-1) の溶接性は最も劣り、材料の  $R_c$  から予測された ACR とほぼ一致した。

一方、前述の高加圧作用時の  $R_p$  測定結果は加圧の作用によつて材料の表面皮膜が非可逆的に破壊されることを示した。そこで、TFS-CT (D-1) を用い、溶接プランクの溶接予定部を、上下一対の回転する鋼製加圧ロール間に連続的に通過させて、幅約 0.6-0.8 mm、荷重 100 kgf で予備加圧処理した後の溶接試験結果を Fig. 10 に示した。

$R_c$  の最も高い予備加圧処理のない TFS-CT (サンプル①) は、溶接範囲が最も狭く、ついで上電極ロール側を予備加圧処理した TFS-CT (サンプル②)、下電極ロール側を予備加圧処理した TFC-CT (サンプル③)、下

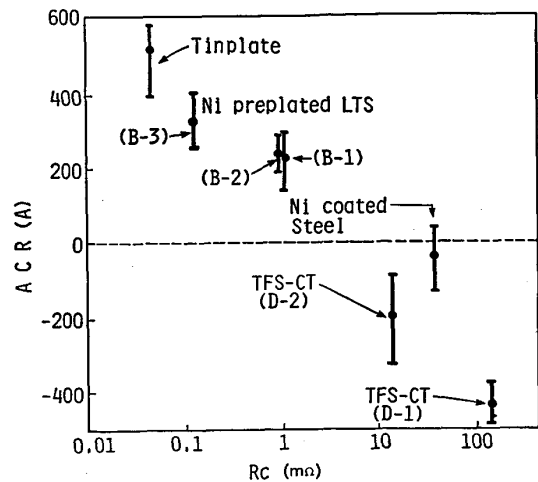


Fig. 9. Relationship between  $R_c$  and ACR.

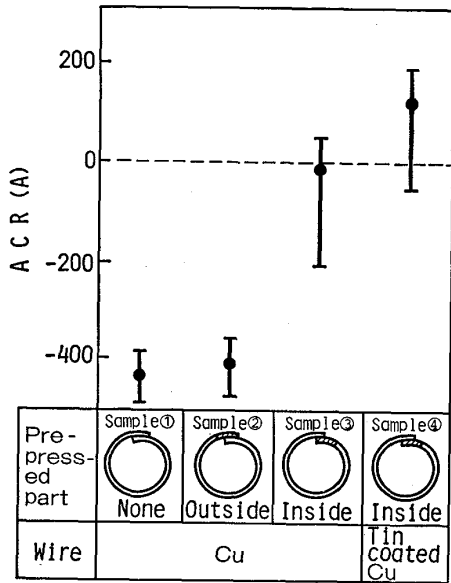
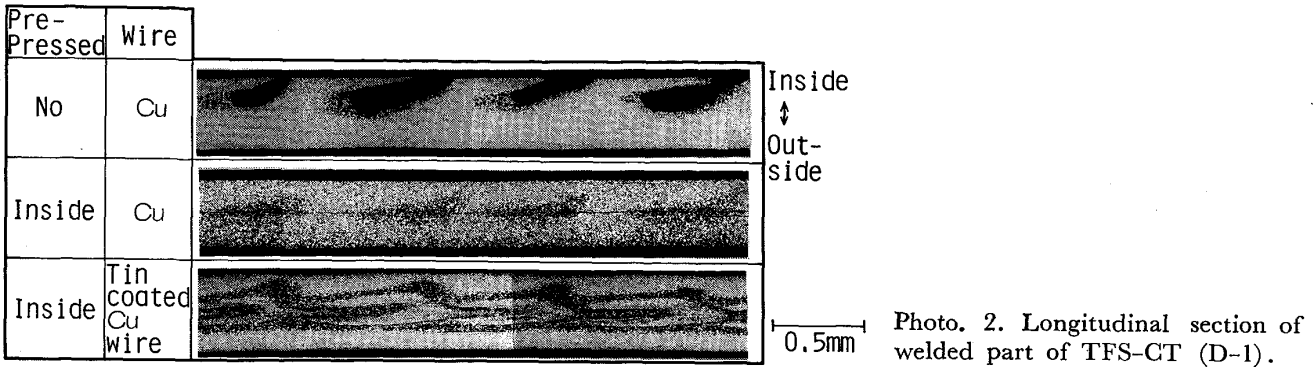


Fig. 10. Relationship between pre-pressing and ACR of TFS-CT (D-1).

電極ロール側を予備加圧処理した TFS-CT と錫めつき銅ワイヤーとの併用 (サンプル④) の順に溶接性は向上した。

Photo. 2 には、その時に得られた溶接部平行断面を示した。予備加圧処理のない TFS-CT (D-1) は、ナゲット内部に板の表面にまで達するブローホールが認められ、その個所の温度が鋼の融点以上に上昇していたと推定されると同時に、ナゲットとナゲットの間には金属結晶組織の変化が認められず、溶接方向の温度差が大きいことを示唆していた。

3.4 溶接中の電気抵抗測定結果

Fig. 11 に、1 ナゲット生成時間 (半サイクル) の 1/40 ほどの極微小時間内における、瞬時電気抵抗の測定結果を示した。接触電気抵抗の高い TFS-CT では、ぶりきのそれと比較して、半サイクル内における瞬時電気抵抗の変化が大であり、かつ、その平均レベルは高かった。これは、接触電気抵抗の高い TFS-CT では、 $R_t$  の温度依存性が大きいため、溶接時に電気抵抗が大きく

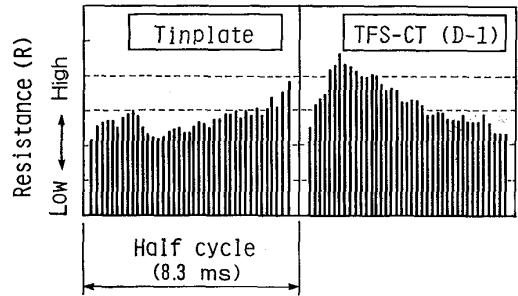


Fig. 11. Resistance calculated from welding current and voltage on each 1/40 of half cycle.

変化し、ぶりきのそれと異なつた電気抵抗変化を示したものであつて、材料によつて、半サイクル内の瞬時電気抵抗の変化パターンに違いがあることが明らかになつた。

4. 考 察

板の表面形態は  $R_c$  に重要な影響を与えている。一般に、2枚の板を重ねて加圧した時の界面の接触状態は、全面一様ではなく板表面の微細な凸部が相手側の板表面との間に多数の微細な接触部を生じるとともに、接触部の金属は塑性流動を生じて接触面積は拡大すると考えられる。

接触部の状態は、①金属酸化物皮膜、クロム水和酸化物皮膜などが破壊されて露出金属同士が直接に接触した部分と、②金属酸化物皮膜、クロム水和酸化物皮膜を介して接触した部分とに分けられる。

金属酸化物皮膜、クロム水和酸化物皮膜の電気抵抗は、金属に比べて非常に高いため、電流の多くは①の部分を通れる。この接触界面に生じる電気抵抗は、集中抵抗理論により説明され、金属接触部の総面積と接触点個数の積の平方根に反比例する<sup>6)</sup>。

材料の特性面からは、A. 表面金属の変形性が優れているほど、また、B. 表面の接触点個数が多いほど、 $R_c$  は低くなると考えられる。

これまでに得られた実験結果をまとめると、

- 1) 軟質な金属錫を多く有するぶりきの  $R_c$  が、最も低かつた。また、ニッケルを前めつきした LTS では、金属錫量の多い材料が  $R_c$  は低かつた。
- 2) 錫めつきした銅電極ロールを使用したときには、 $R_c$  が大きく低下した。
- 3) 温度と  $R_t$  との関係性を調査した結果において、TFS-CT、ニッケルめつき鋼板などは、温度増加に伴い  $R_t$  が大きく低下した。
- 4) 高加圧作用時に、すべての材料の  $R_p$  は低下し、しかもそれは非可逆的な現象であつた。
- 5) TFS-CT においては、金属クロムが数多くの粒状突起を有する材料の方が  $R_c$  は低かつた。

これらの 1) と 2) に示す実験結果は、主に前述の、A の理由によると考えられる。一方、5) に示す実験結果は主に B の理由によると考えられる。

ところで、ニッケルを前めつきした TLS では、析出金属錫の形態が異なつても空焼き後の残存金属錫量が同一の場合、 $R_c$  は、ほぼ同一の値を示した。

溶接実験結果から、 $R_c$  と ACR にはほぼ相関が認められたが、ニッケルめつき鋼板のように、必ずしもあてはまらない場合があつた。この理由として、ニッケルめつき鋼板は鍛接開始温度が低いことが考えられる。

一方、溶接予定部を加圧処理して事前に  $R_c$  を低下させた TFS-CT の溶接試験結果において、特に、サンプル②とサンプル③の  $R_c$  は同一であると考えられるが、その溶接性は異なつていた。この現象は、小径の缶内面電極ロール側では電極と材料との接触抵抗が外面側よりも高くなるので、缶の内、外面の発熱量をバランスさせるためには缶内面側の材料の  $R_c$  を小さくする必要がある、とした R. ALLOUF の説明<sup>7)</sup>と一致する。また、サンプル④が③に比べて溶接性が良かつたのは、錫めつき銅ワイヤーの使用により、缶の内、外面ともに接触電気抵抗が低下したためと考えられる。

一方、溶接中の電気抵抗は、材料によつて相違が認められ、TFS-CT は溶接中においてもその電気抵抗は高かつた。この理由として、溶接中においても、2枚の材料の間の界面電気抵抗が高いまま維持され、ぶりきに比べて溶接電流の流れる領域（通電部分）が少ないことが考えられる。

このことについて、さらに、通電部分の大きさが溶接性に与える影響についてジュール則に基づき考察をおこなつた。

交流シーム溶接では、通電電流が大き過ぎると、半サイクルごとにシーム部からスプラッシュが発生する。

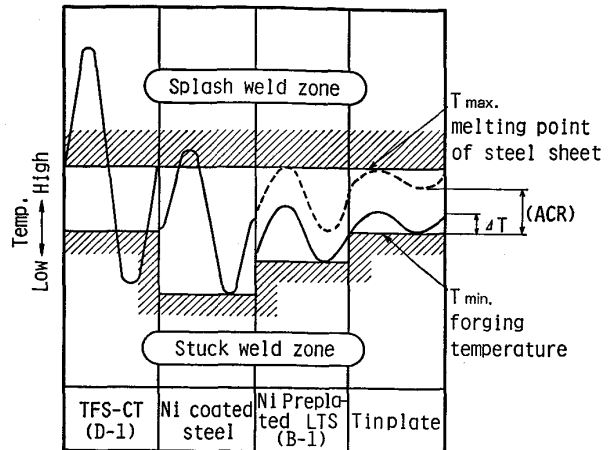


Fig. 12. Relationship among minimum forging temperature,  $\Delta T$  and ACR.

これは、シーム溶接中、溶接部の温度が通電電流の半サイクルごとに変化していることを示している。従つて、半サイクル間の溶接部の温度変化幅、 $\Delta T$  を求めるため、断熱近似および一様性近似などの仮定を行つて、ジュール則を解くと、(2)式が得られる<sup>5)</sup>。

$$\Delta T = \frac{A}{J \cdot c \cdot \sigma} \cdot \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot f} \cdot \frac{V}{l} \cdot T_0 \dots \dots (2)$$

- $c$ : 比熱
- $\sigma$ : 鋼の密度
- $J$ : 熱の仕事当量
- $\Delta T$ : 溶接部の板温度変化幅
- $f$ : 周波数
- $A$ : 比例定数
- $V$ : 溶接速度
- $l$ : 通電長さ
- $T_0$ : 板の平均温度

(2)式中の  $l$  については、前述のように、 $R_c$  の高い材料では金属接触部が少なく、通電長さが短いと考えられ、 $R_c$  の低い材料よりも  $\Delta T$  は大きくなる。

Fig. 12 に溶接中の材料の温度変化幅 ( $\Delta T$ ) と、鍛接開始温度 ( $T_{min}$ ) との関係を模式的に示した。

Fig. 12 から、ACR は  $T_{max} - T_{min} - \Delta T$  により表され、鍛接開始温度は低いほど、 $\Delta T$  は小さいほど、すなわち  $R_c$  が低いほど溶接性は優れていることを示している。

以上の結果から、めつき金属の種類とその表面形態を変えるなどの表面処理技術上のくふうを行うことによつて、材料の溶接性を向上させ得る可能性のあることが認められ、さらに、TFS-CT などのように材料自身が高い接触電気抵抗をもつていても、溶接時に接触電気抵抗を低下させるような条件を選択すれば、良好な溶接性を確保できるものと考えられる。

### 5. 結 言

溶接缶用材料は、溶接性だけでなく塗装性、耐食性な

どの観点から総合的に評価する必要があるが、本報では、溶接用材料の表面特性の違いと、溶接性との関係についてのみ言及した。また従来溶接困難であった TFS-CT の溶接の可能性を調査した結果、つぎの結論を得た。

1) 材料の溶接性を支配する主要因として、その接触電気抵抗 ( $R_c$ ) と鍛接性があり、 $R_c$  が低い材料ほど、また鍛接性が良い材料ほど溶接性は優れる。

2)  $R_c$  の高い材料は、溶接中も材料の界面電気抵抗が高い状態に維持されるため、溶接電流の流れる領域が狭く、溶接部材料の温度振れ幅 ( $\Delta T$ ) が大きくなり、溶接可能電流範囲が狭くなる。

3) TFS-CT において、金属クロムを粒状に析出させれば、平坦に析出した材料に比べてその  $R_c$  は大きく低下し、溶接性は向上する。

4) ニッケルを前めつきした LTS では、表面の錫を島状に析出させれば、空焼き後の残存金属錫量が多くなり、溶接性は向上する。しかし、空焼き後の金属錫量が同一のとき、表面の錫を島状にした材料と平坦にした材

料との間に、 $R_c$  や溶接性の相違はほとんど認められない。

5)  $R_c$  が高く溶接が困難な TFS-CT では、溶接予定部を予備加圧処理した後溶接すると、溶接性は向上する。

6) 溶接時に中間電極として使用される銅ワイヤーの表面に錫めつきを施すと、 $R_c$  は低下し、溶接性向上に効果がある。

#### 文 献

- 1) 盛山博一, 藤本輝則, 斧田一郎, 乾 恒夫: 鉄と鋼, 69(1983), S 1 233
- 2) 市川政司, 齊藤 享, 西 武史: 溶接学会抵抗溶接研究委員会資料 RW-85 (1985)
- 3) 安仲健二, 藤村 司: 東洋鋼板, 25(1982), p. 9
- 4) M. SODEIK: Proc. 2nd International Tinplate Conference (1982), p. 161
- 5) 安仲健二, 藤村 司: 東洋鋼板, 26(1984), p. 13
- 6) 圓城敏男, 池内健二, 秋川尚史: 溶接学会誌, 51(1982), p. 20
- 7) R. ALLOUF: Proc. 3rd International Tinplate Conference (1984), p. 247