

アルミ被ケールの蠟接法

山路 賢 吉*

Soldering Method of Aluminium-Sheathed Cable

By Kenkichi Yamaji

Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

There are several methods which can be used for joining aluminium-sheathed cable, such as soldering, welding or the use of a joint box. This report deals with the results of experiments conducted concerning the soldering method.

The first step in the application of a soft soldered joint on aluminium is to remove the refractory and tenacious surface oxide film which is resistant to heat. The use of active fluxes, however, is not desirable, as it is necessary to have good corrosion-resistance at the soldered joints. And alloys which are permissible for use on cables are restricted by the temperature limitations of the insulation.

For these reasons, the solders prepared were composed of tin-zinc binary and tin-zinc-cadmium ternary alloys; and stearic acid was mainly used for the flux.

The writer used the above-mentioned solders and flux to study the solderability and the corrosion-resistance of the resultant joints in the case of normal soldering procedure, and also examined the effect of ultra-sonic soldering.

The results obtained were as follows:

- (1) The zinc content in the composition of solders showing good solderability at 300 °C and 350 °C about 10~20% and 35~45% respectively; and at 400 °C the solderability becomes better as the zinc content is increased.
- (2) As the flux, stearic acid is more effective than zinc-chloride or ammonium-chloride.
- (3) The addition of 5~20% cadmium to tin-zinc solder is not always effective for improving the solderability.
- (4) It is pointed out that the corrosion-resistance of joints made with tin-zinc binary alloy solder will increase as the zinc content of the solder increases.
- (5) The ultrasonic soldering method is effective for joining aluminium-sheathed cable. When this method is used, the corrosion-resistance of the joint is improved remarkably. This is due to the good wettability of solders to aluminium which is obtained as the result of the removal of the oxide skin by cavitation erosion.

〔I〕 緒 言

電力あるいは通信ケーブルの保護被覆としては、従来鉛が使用されてきた。それは鉛が比較的低温でケーブル・コアに容易に被覆することができ、したがって絶縁物

を劣化させないこと、耐蝕性が良好であること、適当な可撓性をもっていることなどのためである。

しかし戦後鉛の世界的な不足と価格の上昇および OF ケーブル、ガス圧ケーブルの発達にともなつてケーブル被覆用材料としてアルミニウムが新しく登場してきた。

アルミニウムは鉛にくらべて溶融点が高く、高温にお

* 日立製作所日立電線工場

ける可塑性が劣り、また溶融アルミニウムは鉄鋼と反応しやすいため⁽¹⁾、押出機内部の特殊鋼を侵蝕し鉛のように簡単に押出し法によりケーブル・コアに被覆することは困難である。鉛資源の少ないドイツではアルミ被に対する研究も盛んであり⁽²⁾⁽³⁾、第2次大戦中鉛と同様な押出しによる被覆法に成功したが⁽⁴⁾、戦後英国ではシンキング (Sinking) またはスウェジング (Swaging) によってアルミ被ケーブルを製造することに成功し^{(5)~(9)}、すでに多量のケーブルを生産している。その他長い帯板を円筒状に曲げ、合せ目を熔接する方法⁽¹⁰⁾ などによっても製造されている。また最近ではビレット押出し法も用いられるようになってきた⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

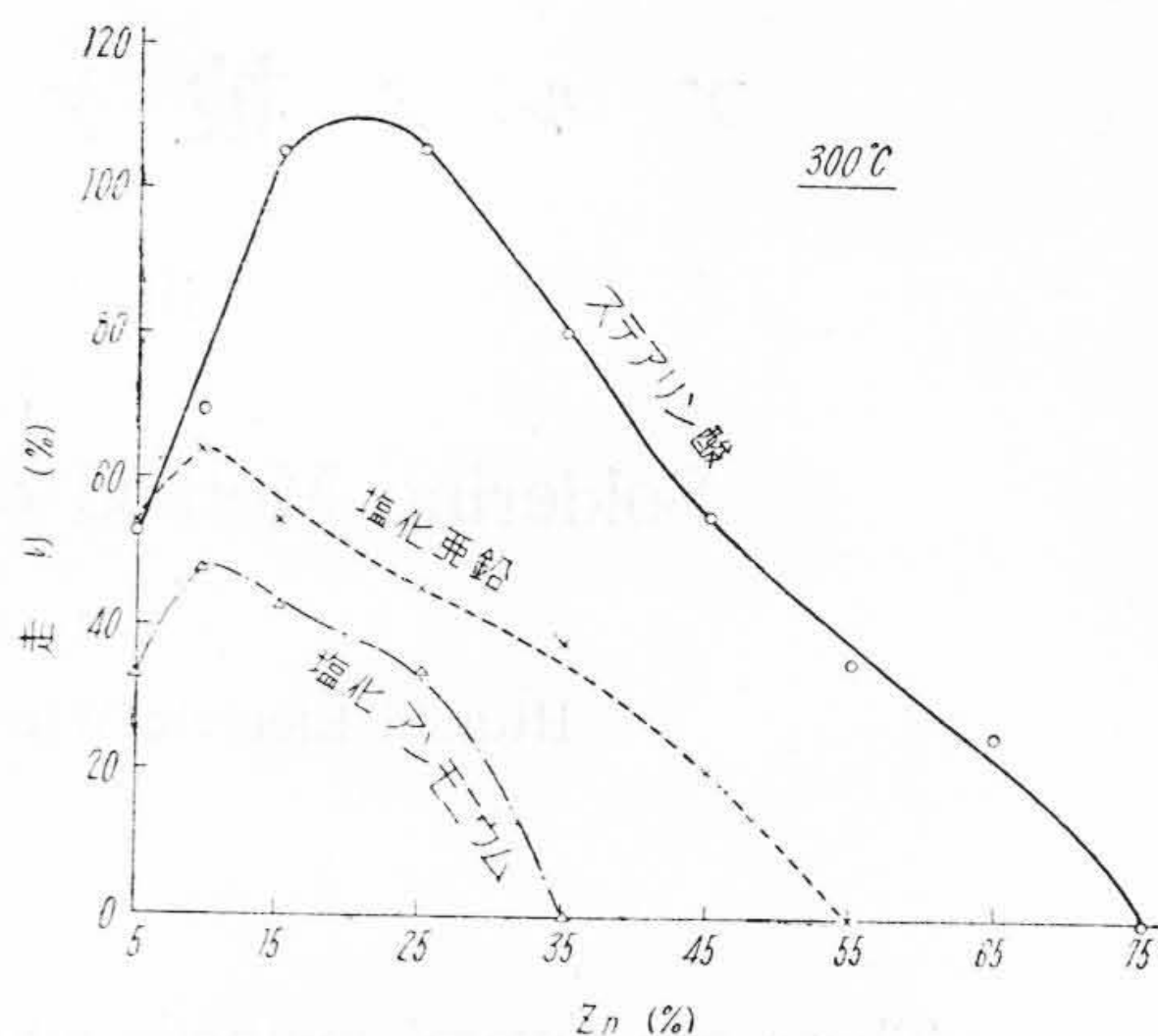
以上述べたようにアルミ被については長い研究、試作時代を経過し、製造使用の段階に入っているが、今後なお解決を必要とする問題としてはアルミ被の接続上の問題が残っている。アルミ被の接続には一般に蠟接法、熔接法ならびに接続箱を用いる方法などが用いられているが、本論文では蠟接法に関して種々実験した結果について報告する。

アルミニウムは表面をちみつで強固な酸化皮膜でおおわれているため他の金属の場合とちがつて蠟接は困難である。しかしながら溶剤と半田合金を適当にえらべば現在では蠟接可能であるが、蠟接部の耐蝕性が劣る欠点がある。

一般に用いられるアルミ蠟接用半田合金としては、比較的低融点のものは Pb, Sn および Cd などを主成分とし、これに少量の Zn, Al, Cu および Ni などを含み⁽¹³⁾、比較的高融点のものは Zn を主成分としている⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。アルミ被ケーブルを蠟接する場合、融点が 350°C をこすとケーブルの絶縁材料を劣化させるおそれがあり、したがって比較的低融点の半田合金が望ましい。しかしながら Al とのなじみやすさ (Wettability) を考えると、Sn, Zn および Cd は良好であるが、Pb は全く不良である⁽¹³⁾。それゆえ本実験においては半田合金としては、主として Sn—Zn 系および Sn—Zn—Cd 系合金を用いて、その蠟接性、耐蝕性を調べた。また超音波蠟接法の効果についても述べる。

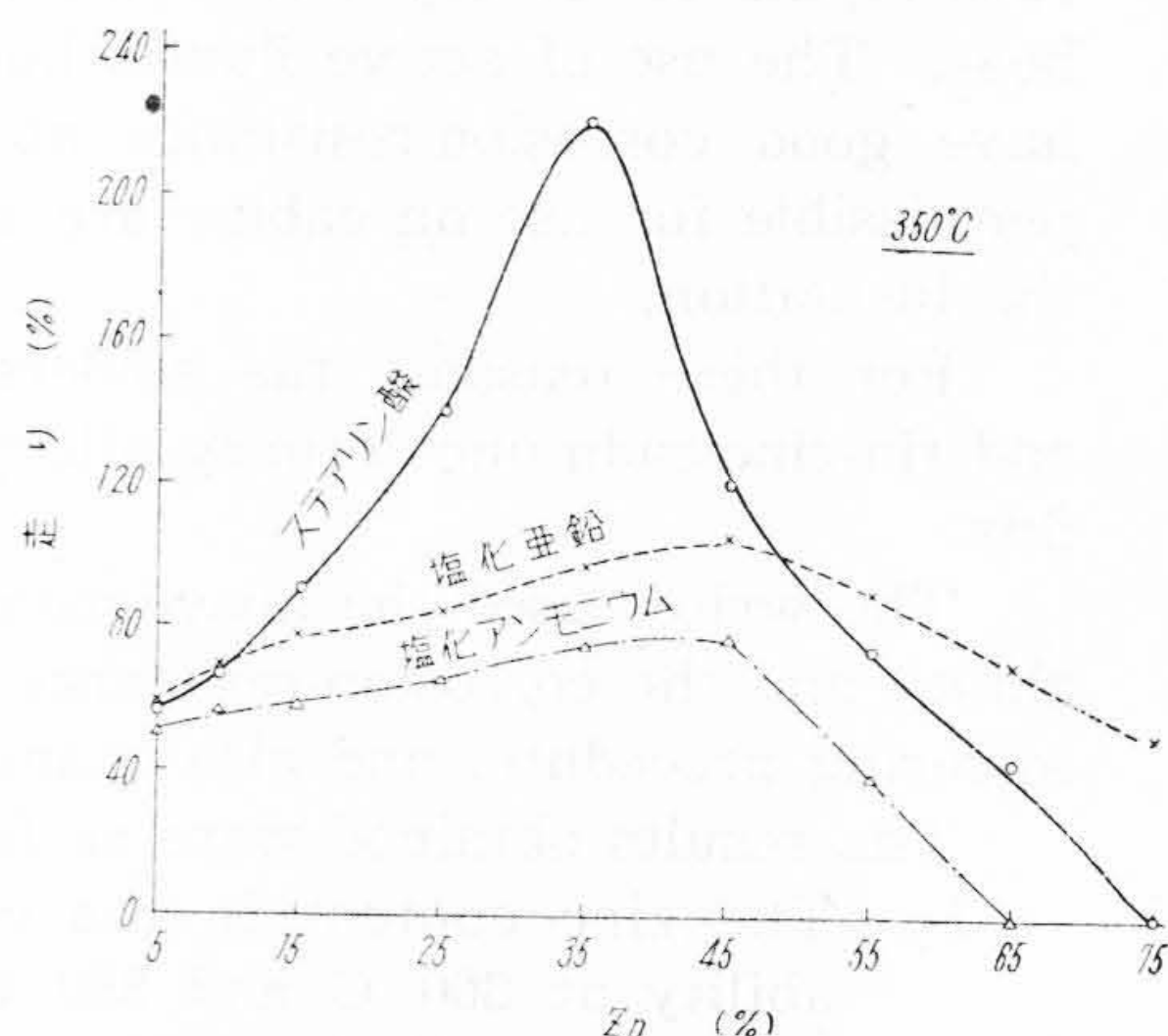
〔II〕 Sn—Zn 系半田合金の蠟接性

Sn—Zn 系半田合金の蠟接性およびこれに対する Cd の影響を調べるために、レール・ボンド用強力半田合金の研究⁽¹⁶⁾の場合と同様に簡単な「走り」試験 (Spreading Test) をアルミ板を用いて行つた。この場合試験温度は 300°C, 350°C および 400°C とし、供試溶剤としてはステアリン酸の効果を確かめることを目的とし、その比較のために塩化亜鉛、塩化アンモニウム (ともに20%水



第1図 300°Cにおける Sn—Zn 二元系半田合金のアルミ板上の走り

Fig.1. Spread of Sn—Zn Solders on Aluminium Plate at 300°C



第2図 350°Cにおける Sn—Zn 二元系半田合金のアルミ板上の走り

Fig.2. Spread of Sn—Zn Solders on Aluminium Plate at 350°C

溶液)なども併用した。

なお「走り」試験において「走り」%とは次式によって示される値である。

$$\text{「走り」}\% = \frac{A - A_0}{A_0} \times 100$$

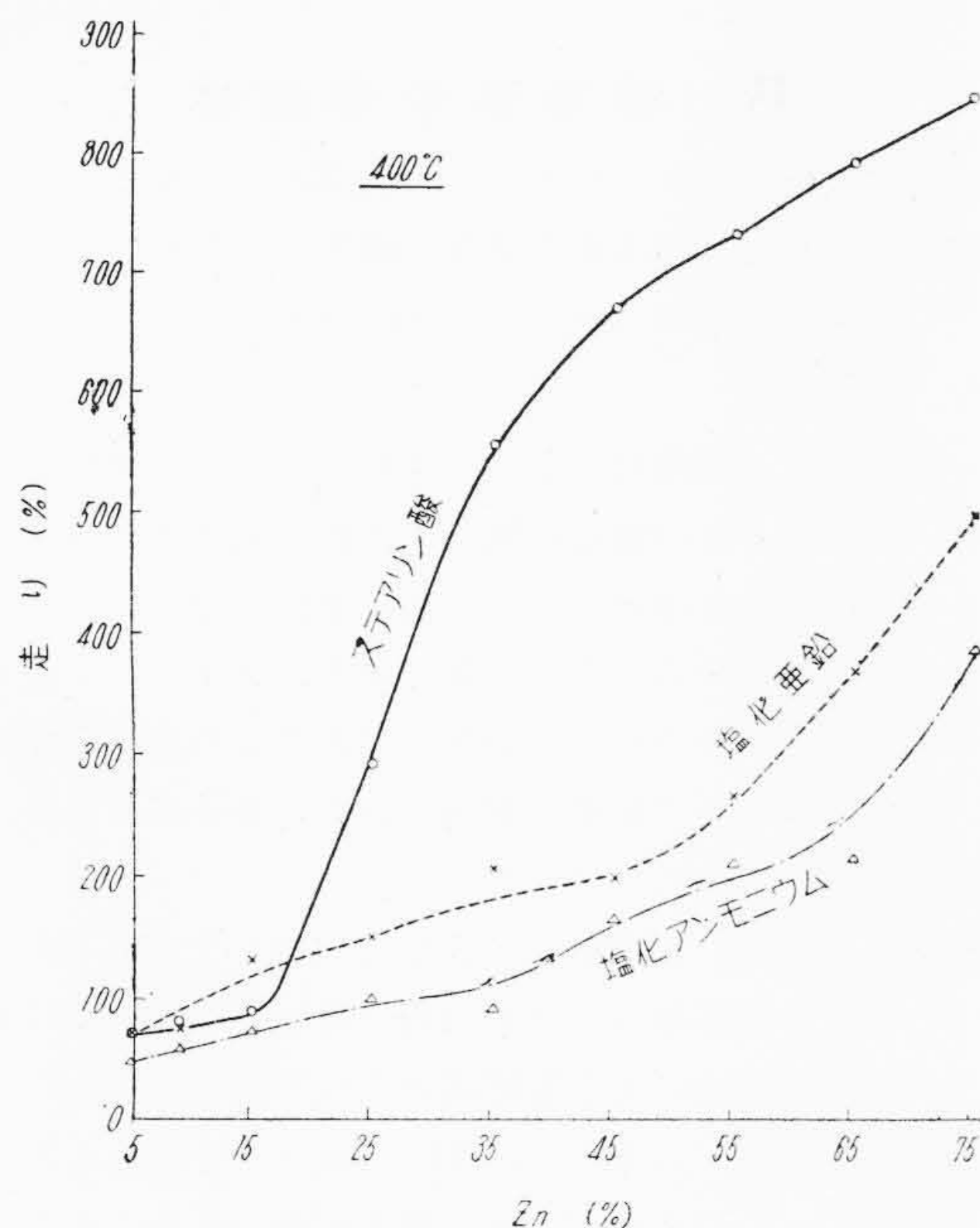
A_0 : 試片とアルミ板との最初の接触面積

($\approx 78.5 \text{ mm}^2$)

A : 試片アルミ板との実験後の接触面積 (mm^2)

したがって「走り」%の大きい程蠟接しやすいこととなる。

第1図～第3図は本実験結果を示したものである。300°Cの場合には第1図に示すように、いずれの溶剤を使用したときにも Zn%の増加とともに「走り」%は増大し、Zn10%附近で最大を示した後減少する。Zn10%附近で最高値を示すのは Sn—Zn 二元系合金の共晶組成



第3図 400°CにおけるSn—Zn二元系半田合金のアルミ板上の走り

Fig. 3. Spread of Sn—Zn Solders on Aluminium Plate at 400°C

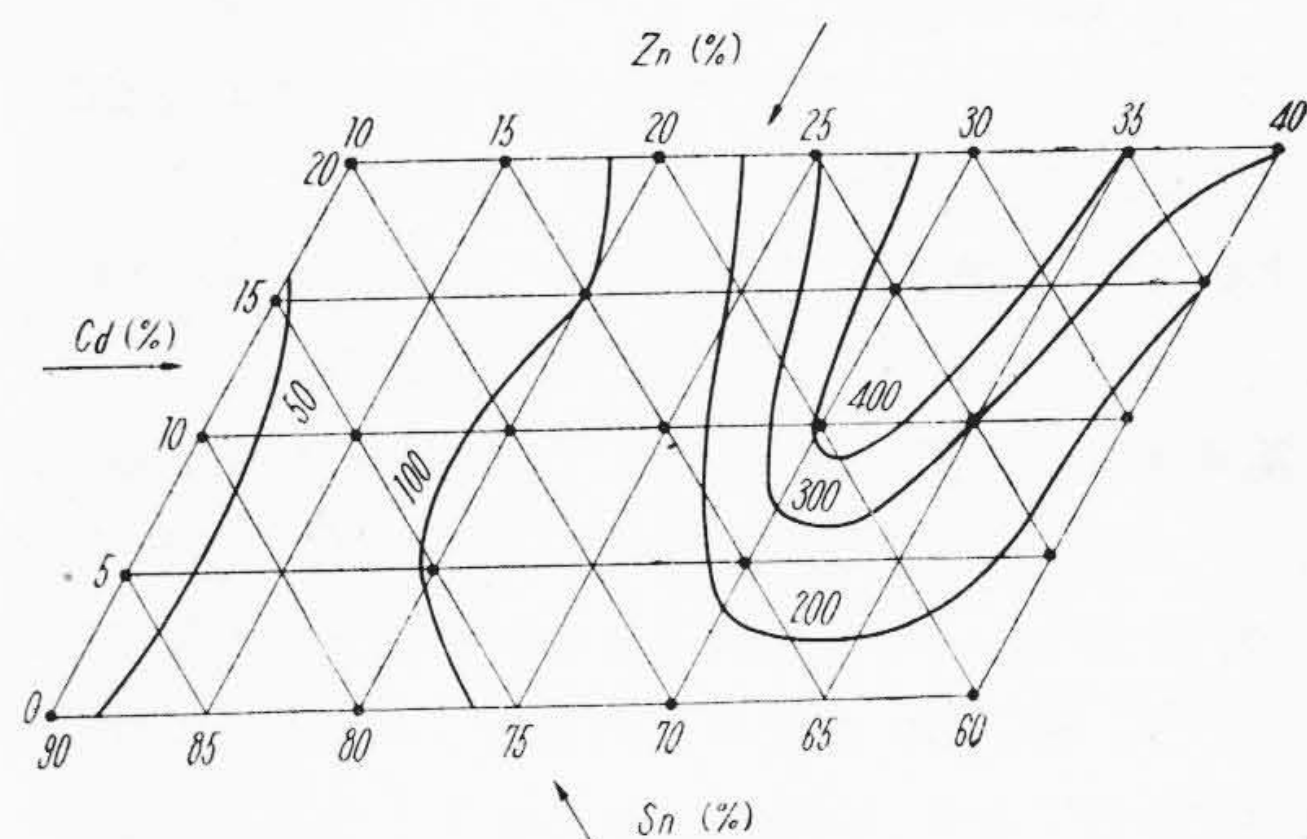
がZn 9%であり⁽¹⁷⁾、したがって融点も本系においては最低(199°C)であるためであろう。またZn 26%附近でその溶融点は300°Cとなるので、これ以上Znを含む合金では固液両相共存範囲における試験となる。したがってこの試験温度ではZnが多くなるにしたがい固相が多くなり「走り」%は不良となる。溶剤としてはステアリン酸が最も良好で、塩化亜鉛、塩化アンモニウムの順に「走り」%は小さくなっている。

350°Cの場合にも第2図に示すようにほぼ同様な傾向を示すが、「走り」%の極大点はステアリン酸の場合はZn 30%附近、塩化亜鉛および塩化アンモニウムの場合はZn 45%附近となり、300°Cの場合にくらべZnの多い側に移動する。

400°Cの場合には、供試半田合金組成はZn最高75%であるから、この試験温度ではすべて液相である。この場合の実験結果は第3図に示すようにZn%の増加とともに「走り」%は急激に増大する。またこの温度においてもステアリン酸は最も良好で他の供試溶剤にくらべて格段の相違があり、たとえばSn—35%Zn半田合金の場合には、塩化亜鉛の約2倍、塩化アンモニウムの約5倍の「走り」%を示す。

〔III〕 Sn—Zn系合金の鋳接性におよぼすCdの影響

Zn: 10~40%, Cd: 5~20%を含むSn—Zn—Cd三

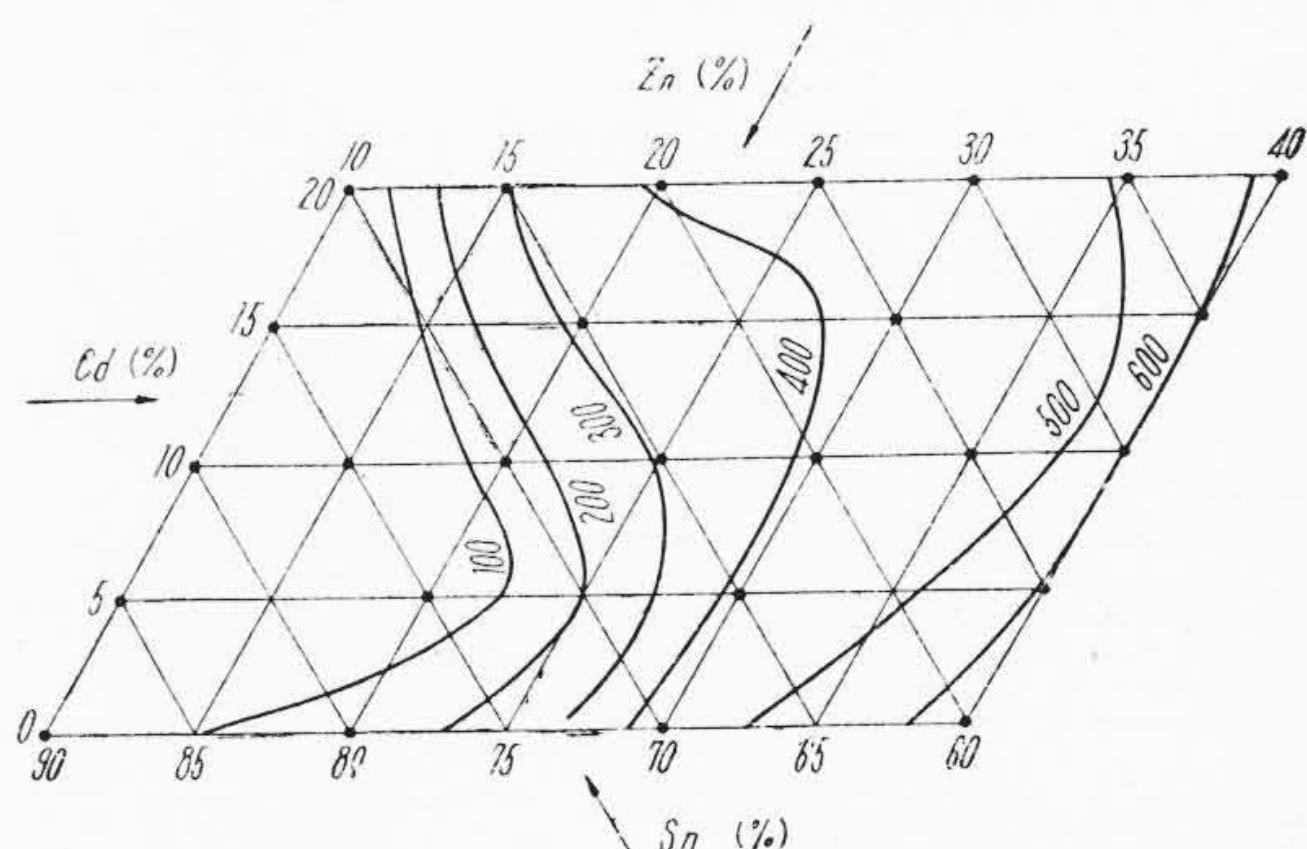


第4図 350°CにおけるSn—Zn—Cd三元系合金のアルミ板上の走り

(溶剤: ステアリン酸)

Fig. 4. Spread of Sn—Zn—Cd Ternary Alloys on Aluminium Plate at 350°C

(Flux: Stearic Acid)



第5図 400°CにおけるSn—Zn—Cd三元系合金のアルミ板上の走り

(溶剤: ステアリン酸)

Fig. 5. Spread of Sn—Zn—Cd Ternary Alloys on Aluminium Plate at 400°C

(Flux: Stearic Acid)

元系合金の鋳着性を研究するため、前記二元系合金の場合と同様な実験を行った。

実験結果より300°Cの場合には、溶剤のいかんにかかわらずCdの影響はあまり見られなかった。

350°Cでは、塩化亜鉛、塩化アンモニウムいずれの場合もCd 5~10%の添加により、Zn 20%以上では若干鋳着性が良好になる結果がえられたが、いちじるしい効果は認められなかった。

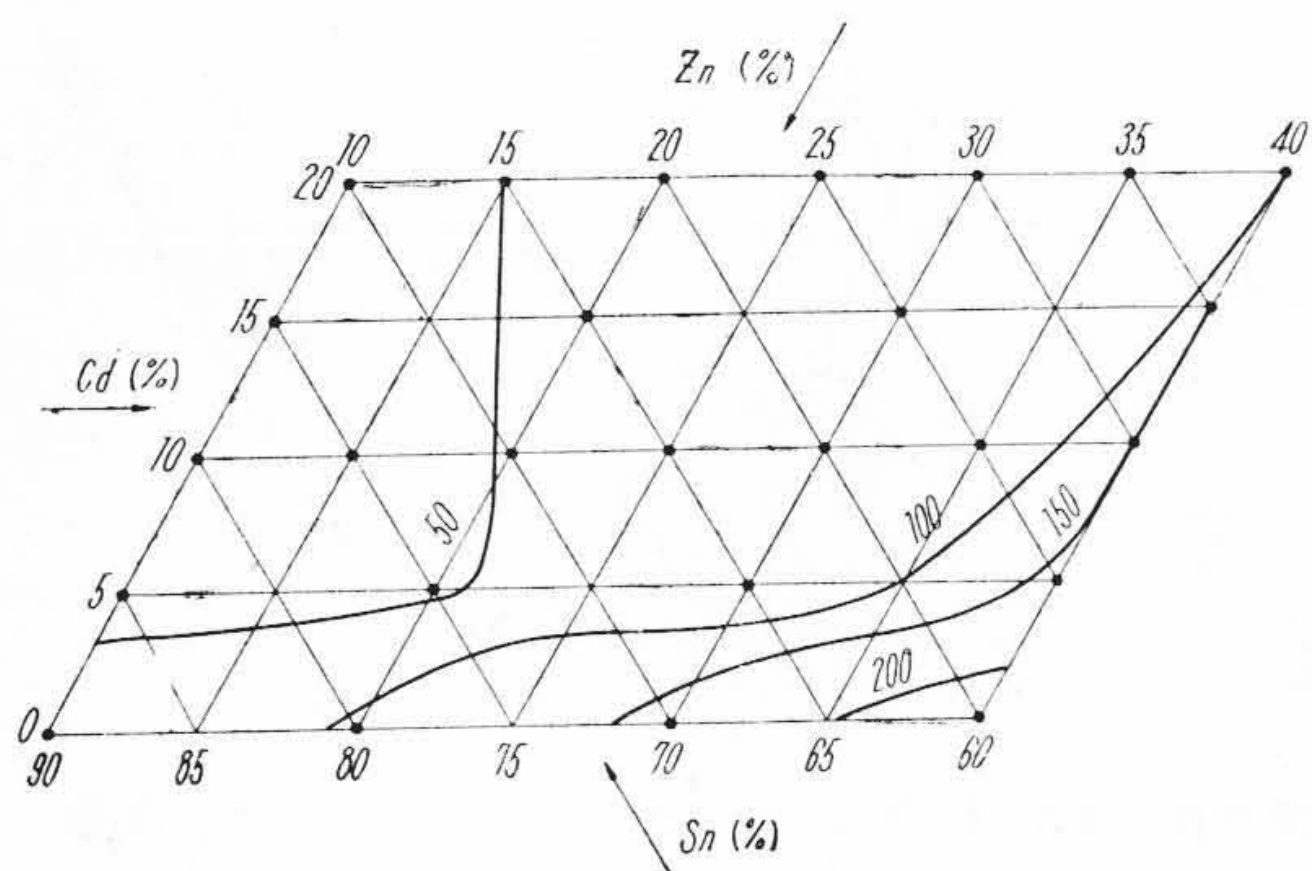
第4図は350°Cにおいてステアリン酸を溶剤として用いた場合のCdの効果を示す。図において、黒丸は試料の配合組成を示し、曲線の側に書いてある数字は「走り」%を示したものである。(以下第5図、第6図(次頁参照)および第7図(次頁参照)も同様である)。供試合金数が少ないため明確な関係線図をえがきえなかったが、大体の傾向は判別可能である。すなわちZn 20%附

近までは Cd の影響はほとんど見当らない。また約 Zn 30% を含む合金の「走り」% は良好で、この場合 Cd の添加量の増大とともに「走り」% は増加している。

400 °C では第 5 図 (前頁参照) に示すように「走り」% が最高を示す範囲は Zn 側にずれている。

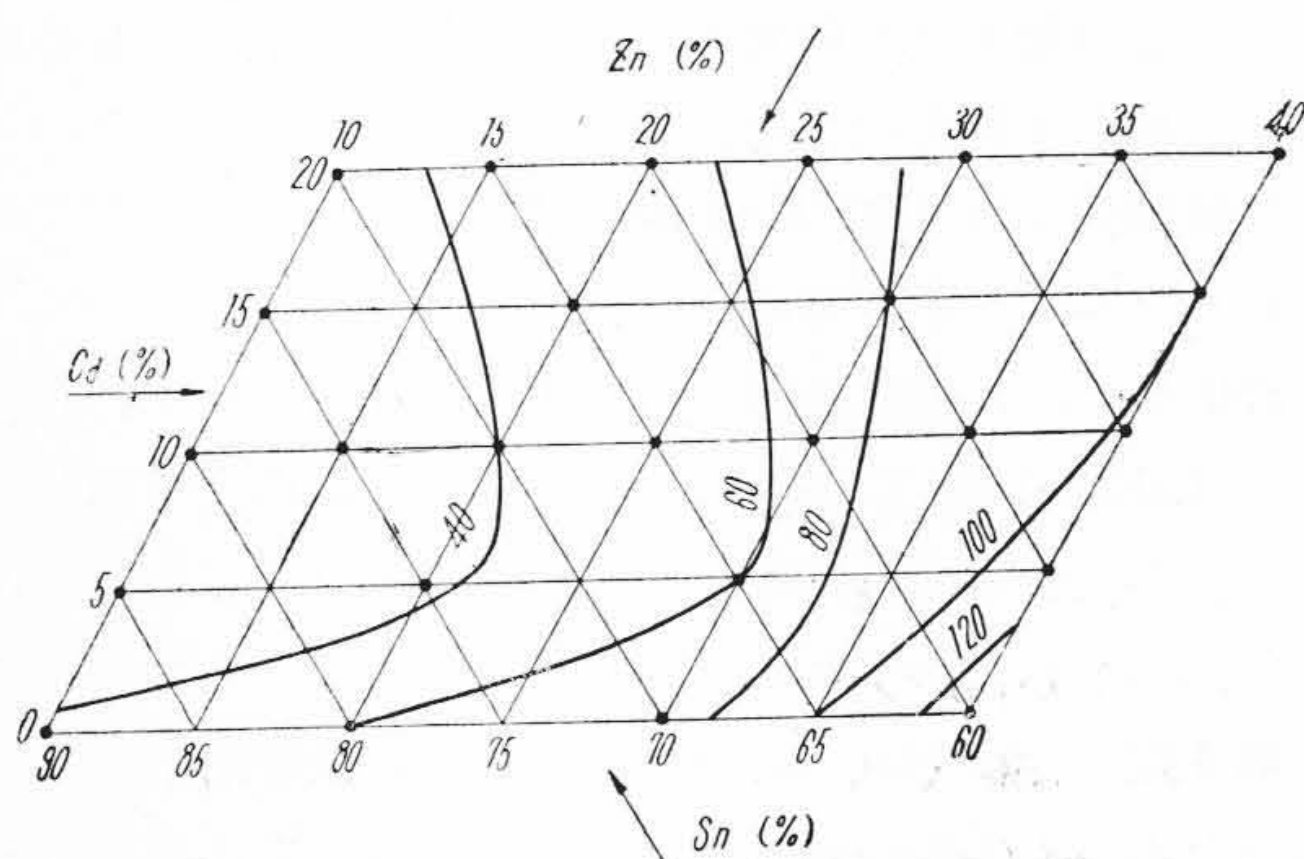
第 6 図および第 7 図は溶剤としてそれぞれ塩化亜鉛、塩化アンモニウムを使用した場合の 400 °C における「走り」% を示す。これらの図よりわかるように大体の傾向としては、Sn—Zn 二元系半田合金への Cd の添加はかえってその「走り」% を悪くする結果となる。

以上の実験よりわかるように、本三元系合金においても溶剤としてはステアリン酸が最も良好で、塩化亜鉛、塩化アンモニウムはあまり良好ではなく、その「走り」% は温度の因子により非常に左右されやすい。また Sn—Zn 二元系合金の蠟接性によぼす Cd の添加は一般にあまり効果的ではないことがわかった。



第 6 図 400 °C における Sn—Zn—Cd 三元系合金のアルミ板上の走り (溶剤: 塩化亜鉛)

Fig. 6. Spread of Sn—Zn—Cd Ternary Alloys on Aluminium Plate at 400 °C (Flux: Zinc Chloride)



第 7 図 400 °C における Sn—Zn—Cd 三元系合金のアルミ板上の走り

(溶剤: 塩化アンモニウム)

Fig. 7. Spread of Sn—Zn—Cd Ternary Alloys on Aluminium Plate at 400 °C (Flux: Ammonium Chloride)

[IV] 蠟接部の耐蝕性

前項の実験でわかったように Sn—Zn 二元系半田合金の蠟接性によぼす Cd の効果は顕著ではなかった。以下の実験では半田合金として Sn—Zn 二元系合金を用いた。

一般にアルミ用溶剤としてはきわめて多くの種類があるが⁽¹³⁾, アルミ被の蠟接に関しては特に耐蝕性が重要であるので、活性な溶剤すなわち塩化亜鉛、塩化アンモニウムなどを使用することは危険であり、ステアリン酸系統の溶剤はその点中性に近いものでありまた蒸発温度も低いのでアルミ被の接続に利用できる可能性があるが、これについては後日にゆづりたい。

Al の蠟接部は、腐蝕性のふんい気において Al, Al と半田合金との境界層および半田内の種々の相との間に形成される局部電池により電解腐蝕されるのであるから、金属の電極電位から考えて、Al に Zn メッキすることが最も望ましいのであるが、Zn の融点が高いためこの方法はアルミ被の蠟接の場合には用いられず、一般に Sn メッキまたは Sn—Zn 合金メッキすることが行われている。

現在アルミ被の蠟接法としては、最初アルミ被の表面をやすりまたは金ブラシでこすつてきれいにし、その上を Sn または Sn—10% Zn 合金で溶剤を用いないでメッキする⁽⁹⁾⁽¹⁸⁾, その上に Pb または Cu のスリーブをかぶせ通常の鉛工半田で仕上げる。本実験においても厚さ 2 mm, 幅 10 mm, 長さ 100 mm のアルミ板 (純度 99.7%) の端末を金ブラシで磨いてきれいにした後、その一端を 10 mm 重ね Sn—Zn 半田合金を用いて蠟接し、その耐蝕性を調べた。

第 1 表および第 8 図はこの場合の実験結果を示す。

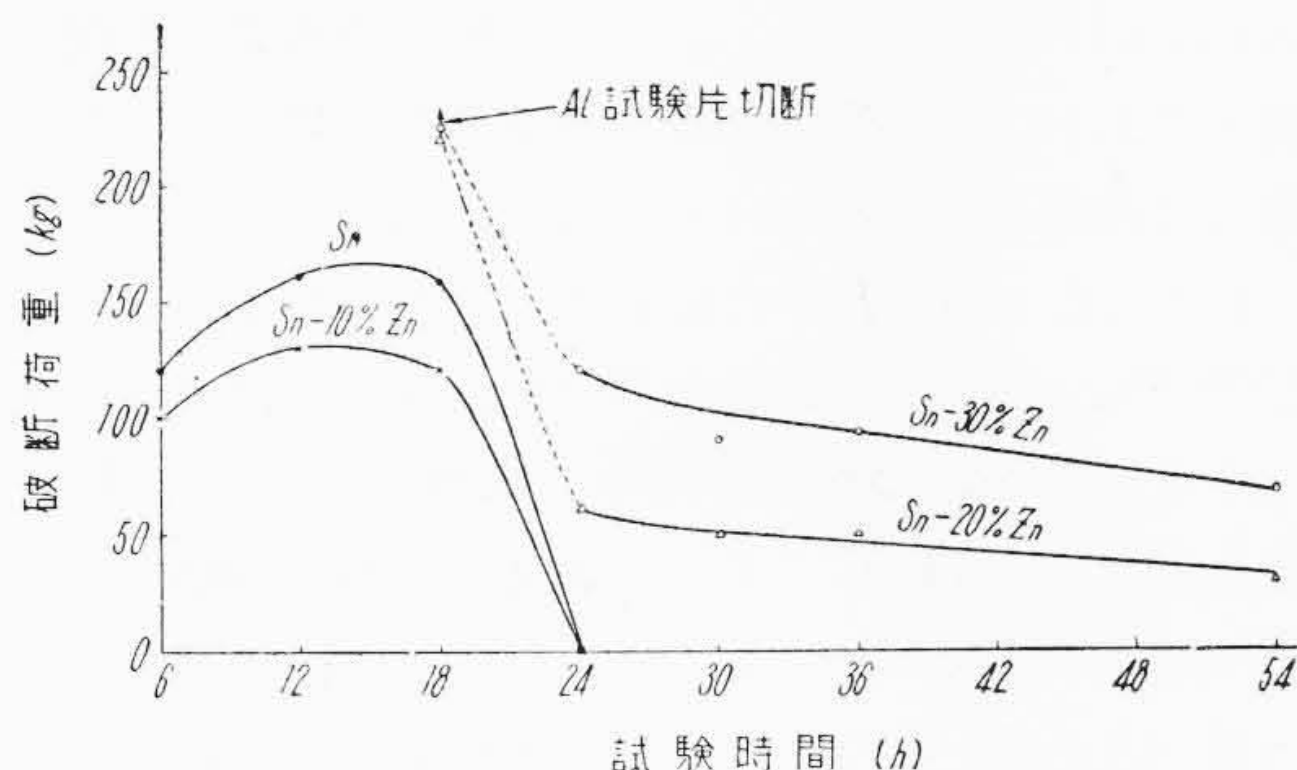
第 1 表は 5% 食塩水中に蠟接した試験片を 6 週間浸漬した後抗張力試験を行つた結果である。腐蝕試験前の抗張力試験では、すべての試料は蠟接部で破断せず、アルミ板が切断していた。(破断荷重: 約 200 kg) 腐蝕試験

第 1 表 食塩水 (5% NaCl) 浸漬試験による蠟接部強度の変化

Table 1. Change of Strength at Soldered Lap Joints in 5% Sodium Chloride Solution

試 番 (No.)	配合組成 (%)		破断荷重 (kg)			
	Sn	Zn	1	2	3	4
1	91	9	—	—	—	—
2	85	15	—	—	—	—
3	75	25	50	30	60	45
4	65	35	140	152	145	130
5	55	45	160	148	168	170

(注) No. 1 および 2 は抗張力試験前に蠟接部ははく離していた。



第8図 蒸気処理による鋳接部の強度変化

Fig. 8. Change of Strength by the Vapour-Treatment at Soldered Lap Joints

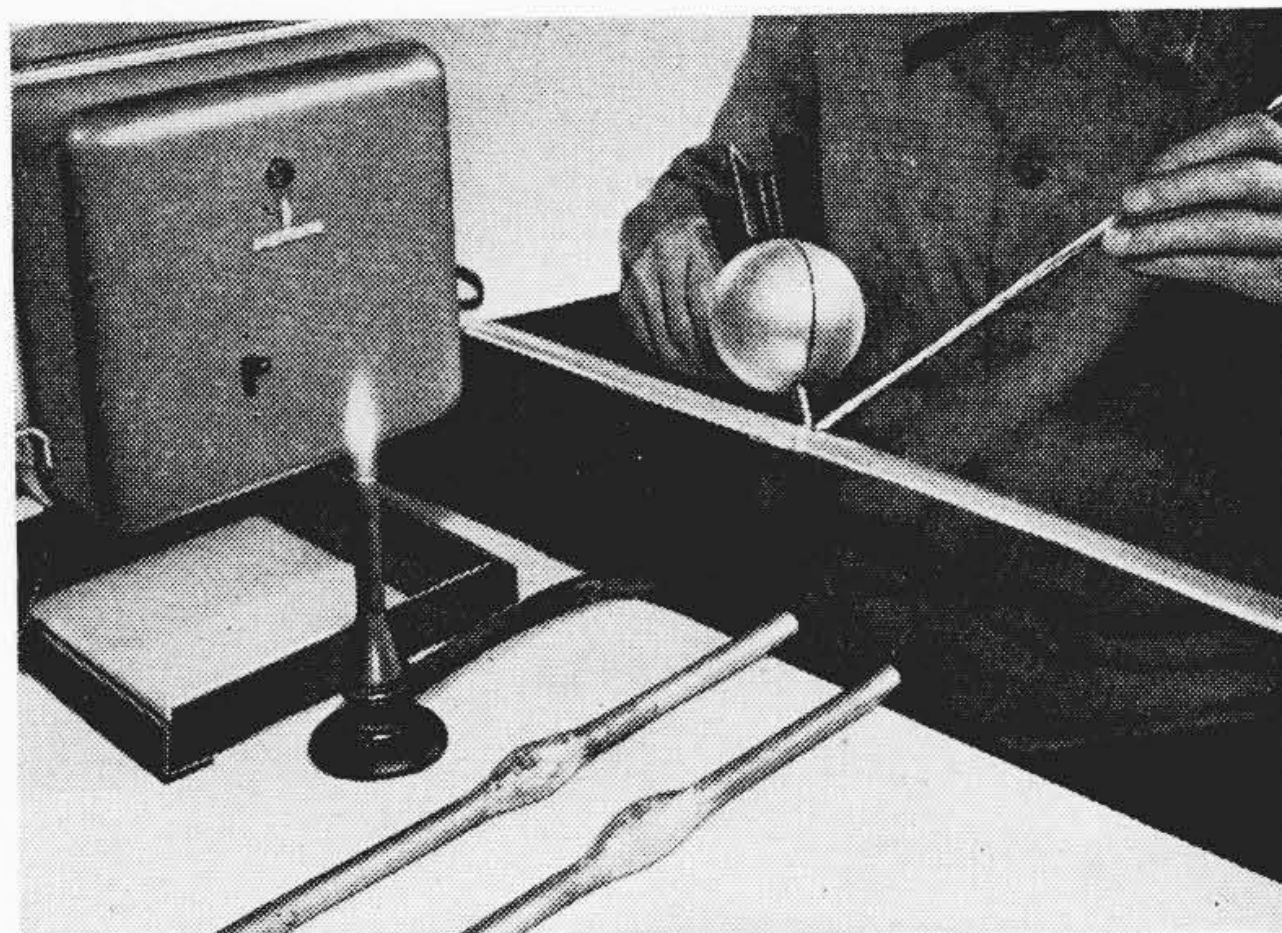
後の抗張力は Zn% とともに増大し、耐蝕性が良好なことがわかる。なお No. 1 および No. 2 の試験片では浸漬中に鋳接部で半田合金とアルミ板が剥離して抗張力試験を行うことはできなかった。

第8図は鋳接部の耐蝕性を調べるために、上記のように鋳接した試験片を $100\sim 110^{\circ}\text{C}$ の水蒸気中で曝露試験を行い(オート・クレープ使用)、その抗張力の低下から耐蝕性を比較した結果である。Al の鋳接部の耐蝕性を調べるには、この方法は非常に有効で、比較的短時間の試験により耐蝕性の良否を判定できる。本実験の場合にも大体 Zn% の増加とともに耐蝕性は良好となつていくことがわかる。すなわち蒸気処理前には鋳接部における破断は生じなかったが、半田が Sn, Sn—10%Zn 合金の場合には、6時間後に鋳接部で切断する。しかし20%以上 Zn を含む Sn—Zn 合金半田の場合には18時間蒸気処理してもアルミ板で切断し鋳接部における切断は生じない。この図で注目する点は、Sn を使用した場合の耐蝕性が Sn—10%Zn 合金の場合よりも耐蝕性が若干良好であることならびに蒸気試験の初期において鋳接部は硬化する傾向が認められることである。なお各試験時における試験片の数は3箇であり第8図はその平均値を示したものである。

以上の実験結果からわかるように Sn—Zn 二元系合金を Al 鋳接用半田として用いる場合には Zn% の多いほど耐蝕性は良好である。それゆえ Sn—Zn 合金半田を用いてアルミ被を鋳接する場合には融点の許すかぎり Zn% の多い方が耐蝕性は良好である。

〔V〕超音波鋳付法

上述のようにアルミ被ケーブル鋳接には耐蝕性が良好なことが重要であるので、活性な溶剤を用いずに鋳接することが必要であり、鋳接部を耐蝕性のすぐれた高分子物質、たとえば耐候性のポリエチレン・テープなどを鋳接部にまきつけて防蝕する必要がある。しかしながら



第9図 アルミ被ケーブルの超音波鋳接作業

Fig. 9. Ultrasonic Soldering Operation for Aluminium Sheathed Cables

この場合においても溶剤を用いずに鋳接することが第一条件であることは言をまたない。したがって一般には Al の表面に Sn メッキする方法が用いられている。この方法は Al の表面をきわめて清浄にすることが必要であり、金ブラシなどを用いるたいくつな仕事である。また一般の金属とちがって Al の酸化皮膜は強靱で耐熱性があるため、メッキ作業はなかなか困難である。

Al を鋳接する場合、超音波の作用すなわちキャビテーション・エロージョン (Cavitation Erosion) により、Al 表面の酸化皮膜を破壊し、鋳と Al との接着を良好にする方法が用いられるようになった^{(19)~(22)}。

超音波で行う鋳接には二つの方法があり、Al 線その他小物体の場合には「錫浴法」が用いられ、錫浴に振動子の先端を浸漬するかまたは振動子の上に錫浴を置くことにより熔融錫は振動をする。Sn メッキする品物はこの錫浴に短時間浸漬することにより Sn メッキされ鋳接可能となる。比較的大型の品物(板、フランジ、回転体、箱など)を Sn メッキするには「振動子法」が用いられる。すなわち Sn メッキする部分を鋳接温度(約 250°C)に加熱し、Sn をつけた後振動子先端で Sn メッキする金属表面をこする。この方法によつて Sn メッキした Al 表面は数箇月の格納後においても鋳接可能である。

アルミ被ケーブルの鋳接の場合には当然後者の方法を用いることが考えられる。したがって筆者はシーメンス (Siemens) 社製の超音波鋳付器を用いてアルミ被ケーブルの鋳接に関する実験を行った。

第9図は本超音波鋳付器を用いてアルミ被ケーブルに Sn メッキしている状況を示す。本器は高周波発生器(図中左側)と、いわゆる鋳付頭(図中右手で使用している)とからできている。高周波発生器は約 20,000 への交流を発生する自励式真空管発振器であり、その電流は 1.5 m のコードで鋳付頭に送られる。鋳付頭には発振器の周

波数に共振する Ni の棒状振動子がある。その機械的振動の振幅は 10^{-4} mm 程度である。この機械的振動は溶融した Sn を通じて Al の表面に伝えられる。なおこの場合の電源は 100 V, 50 $\sim$ で所要電力は約 45 W である。

〔VI〕 超音波溶接部の組織および耐蝕性

(1) 超音波溶接部の組織

超音波溶接を行う場合半田として Sn および Sn—Zn 二元系合金を用いた。

第 10 図は溶接部の顕微鏡組織を示した。ただし (a), (b) および (c) は超音波を用いた場合であり, (d), (e) および (f) は比較のため超音波を用いないで Al 表面を金ブラシでこすり溶接した場合の組織である。

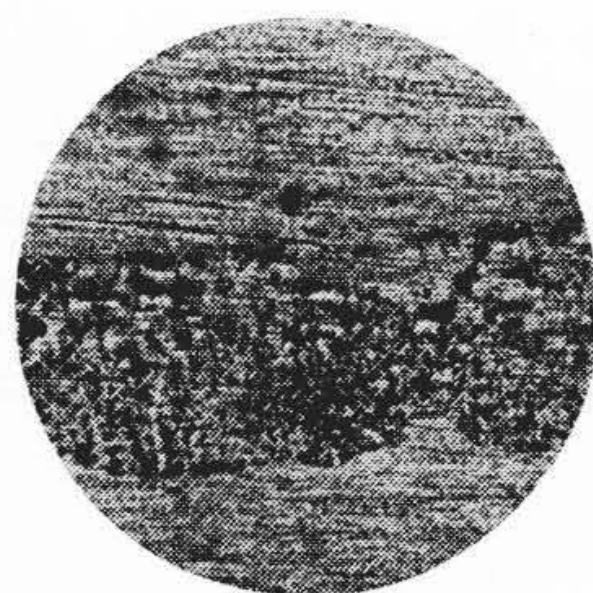
(a) と (d) は Al を Sn で溶接した場合の組織で中央部が Sn である。超音波を用いない場合には Al と Sn との界面は明確でほぼ平坦であるが, 超音波を用いると界面は凹凸がいちじるしく判然とした境界を示さない。すなわち超音波を使用した試料では溶接は良好である。

(b) および (e) は半田合金として Sn—20%Zn を用いた場合である。この図によつてわかるように超音波を用いない場合は境界は判然としているが, 超音波を用いた場合は境界は微細な凹凸となつている。また図において黒く棒状に析出している初晶は β 相 (ほぼ純 Zn に近い相) であり, 超音波溶接した場合にはそれが一部破壊されていることがわかる。

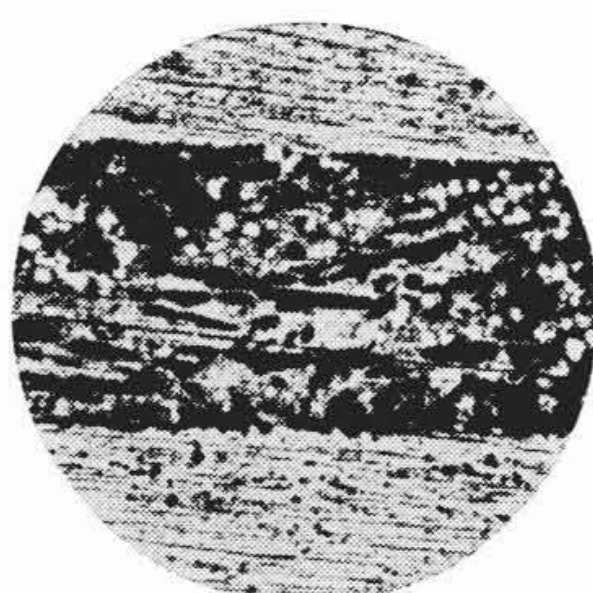
(c) および (f) は半田合金として Sn—30%Zn を用いた場合である。この場合超音波を使用した場合としない場合では両者の境界における相違はほとんど見当らない。しかしながら初晶 β は超音波によりいちじるしく変化し⁽²³⁾⁽²⁴⁾, (f) のような棒状 β 相は (c) では見られない。すなわち Sn—20%Zn 合金では融点が約 270 °C で固液共存範囲は 71 °C くらいであるが, Sn—30%Zn 合金では融点が 315 °C であり, したがつて固液共存範囲は 116 °C くらいとなる。このため後者の方が超音波の β 相を破壊する力は大きいものと考えられる。またひるがえつて考えてみると Zn% が増大すると融点は 9%Zn 附近で 199 °C と最低を示し, その後上昇するので, ある一定温度で超音波をかけながら溶接した場合には, 低融点の場合ほど超音波の作用時間が長いことが考えられる。また温度が高くなると超音波の作用はいちじるしく弱くなるので Sn—30%Zn 合金の場合には Al と半田との界面における超音波による差異があまり認められないものと思う。

(2) 超音波溶接部の硬度分布

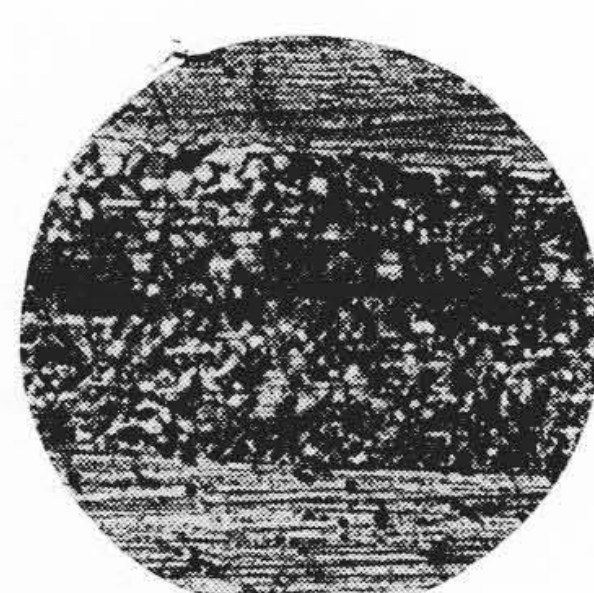
第 11 図は溶接部附近の硬度分布を明石製微小硬度計 (荷重: 25 g) で測定した結果である。これらの図よりわかるように, 超音波を用いた場合には境界附近に異常な硬化が認められる。これは図示しなかつたが溶接部の他半でも同じである。この傾向は Sn, Sn—10%Zn 合金の場合にいちじるしく, Sn—20%Zn 合金では小さくなつており, Sn—30%Zn 合金では溶接自体が Al より硬い



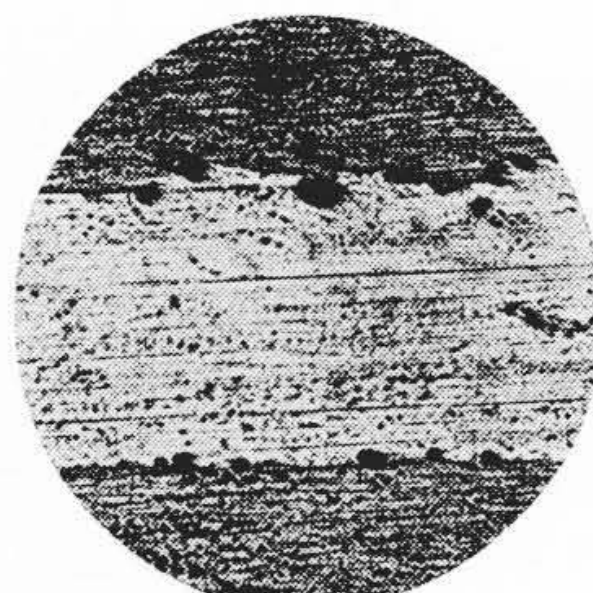
(a) 半 田: Sn 超音波使用
(a) Solder: Sn Ultrasonic Soldering



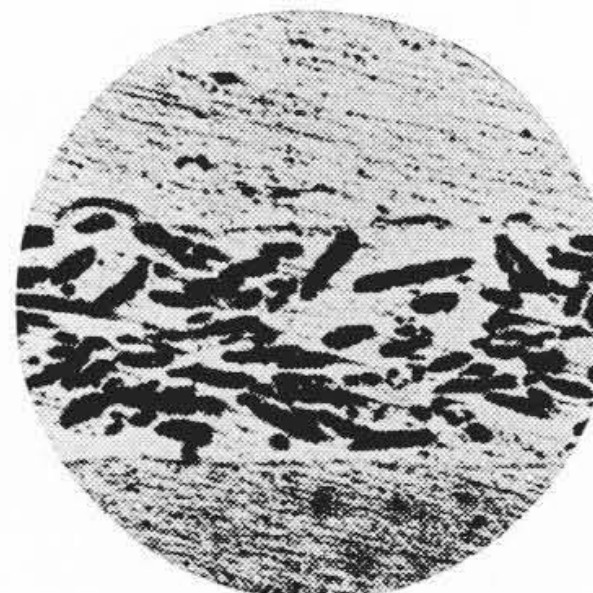
(b) 半 田: Sn—20%Zn, 超音波使用
(b) Solder: Sn—20%Zn, Ultrasonic Soldering



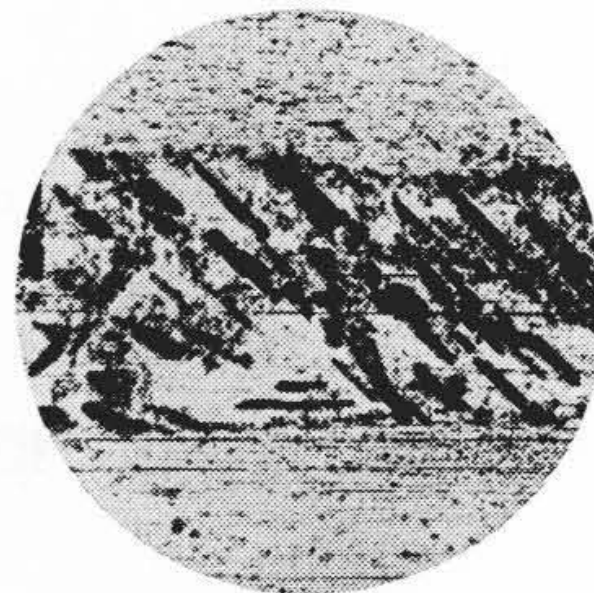
(c) 半 田: Sn—30%Zn, 超音波使用
(c) Solder: Sn—30%Zn, Ultrasonic Soldering



(d) 半 田: Sn 超音波使用せず
(d) Solder: Sn Normal Soldering

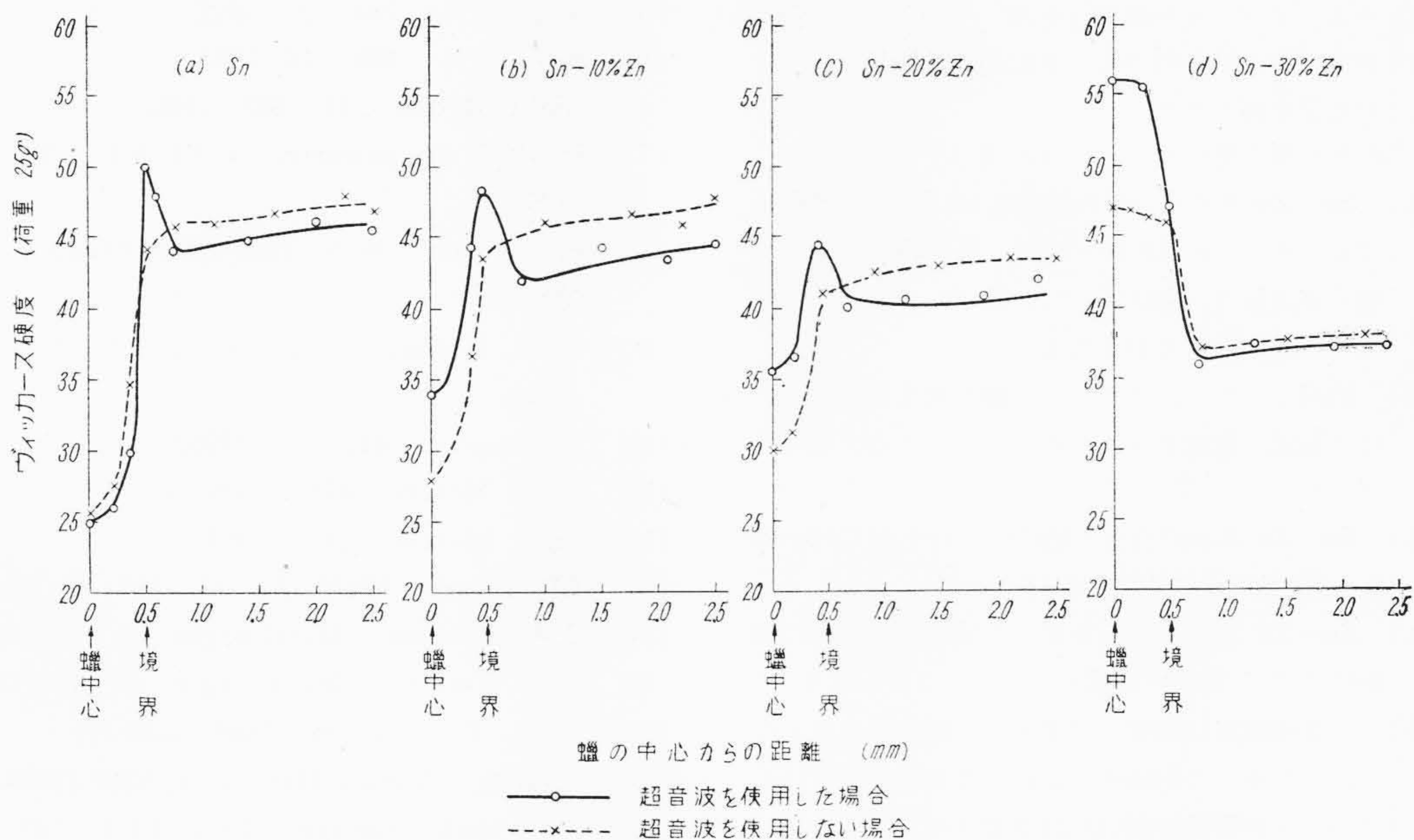


(e) 半 田: Sn—20%Zn, 超音波使用せず
(e) Solder: Sn—20%Zn, Normal Soldering



(f) 半 田: Sn—30%Zn 超音波使用せず
(f) Solder: Sn—30%Zn, Normal Soldering

第 10 図 溶 接 部 の 顕 微 鏡 組 織 ($\times 100$)
Fig. 10. Microstructure of Soldered Lap Joints ($\times 100$)



第11図 鋳接部の硬度分布

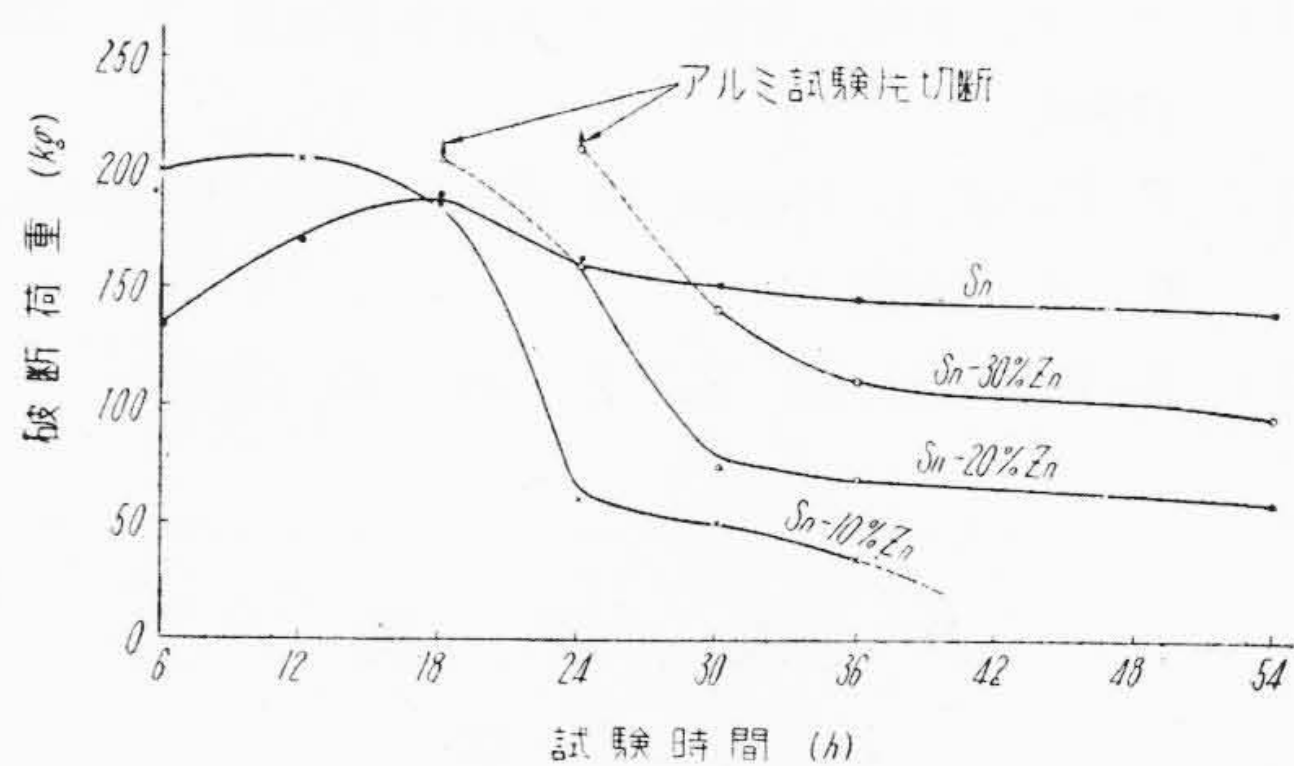
Fig. 11. Hardness Distribution at Soldered Joints

ために認められない。この Al と半田との境界における異常硬化は超音波の作用により Al と半田との間に拡散現象が生じたためと考えられる。また超音波を使用すると蠟自体の硬度は超音波を使用しない場合に比べて、Sn の場合はほぼ同じであるが Sn—Zn 二元系合金の場合には相当高くなっている。これは前述の組織より考えて β 相の微細化によるためと考えられる。なお第10図および第11図に示した鋳接部は比較を便利にするため半田を特に厚くしたものである。

(3) 超音波鋳接部の耐蝕性

超音波を用いて鋳接した部分の耐蝕性を比較するため前記同様の要領により蒸気処理による耐蝕性試験を行った。

第12図はその実験結果を示す。耐蝕性は Sn の場合が最も良好で、Sn—30%Zn 合金がこれにつぎ、Sn—20%Zn, Sn—10%Zn となるにしたがって耐蝕性は劣化する。この結果は第8図に示した超音波を用いない場合と比較すればあきらかであるように、超音波の効果は Sn の場合に最もいちじるしく、Sn—Zn 合金半田の場合には Sn の場合ほど効果的ではない。すなわち超音波を使用しない場合には、Zn% の増大するにしたがって耐蝕性が良好となっていたのとちがった結果を示している。これは前述の顕微鏡組織ならびに硬度分布測定結果からもうかがわれるように、超音波使用の場合は使用しない場合に比べて Al と半田との接続が非常にすぐれており、ま



第12図 蒸気処理による超音波鋳接部の強度変化

Fig. 12. Change of Strength due to the Vapour-Treatment at Lap Joints Soldered by Ultrasonics

た Sn を用いた場合が Sn—Zn 合金を用いた場合よりも鋳接部における接続が良好であるためと考えられる。すなわち Al の鋳接の場合にはその鋳接を完全にすることが大切で、これが耐蝕性に大きな影響を与えることがわかる。

〔VII〕 結 言

アルミ被ケーブルを接続するには、鋳接、熔接などの方法ならびに接続箱を用いる方法が用いられている。筆者はその鋳接法を研究するため、半田合金として Sn—Zn 系、Sn—Zn—Cd 系、溶剤として塩化亜鉛、塩化ア

ンモニウム，ステアリン酸などを用いて蝋着性，耐蝕性に関する種々の実験を行つた。また超音波蝋接法についてもその効果を確かめた。

えられた結果を要約するとつぎの通りである。

- (1) Sn—Zn系半田合金の蝋接性は，300°C，350°Cでは，それぞれZn 10～20%，35～45%を含んだ場合が良好で，400°CではZn%の増大とともにその蝋接性は良好となる。
- (2) 溶剤としては，ステアリン酸が最も効果的で，塩化亜鉛，塩化アンモニウムがこれにつぐ結果を示した。
- (3) Sn—Zn系半田合金の蝋接性に対するCd 5～20%の添加は，あまり効果的ではない。
- (4) Sn—Zn系半田合金を用いた場合の蝋接部の耐蝕性はほぼZn%の増加とともに良好となる。
- (5) 超音波蝋接は非常に効果的で，蝋接は完全となり，したがって耐蝕性も良好となる。

終りにのぞみ御鞭撻を頂いた日立製作所日立電線工場久本，山本両博士ならびに種々実験上御援助を頂いた藤田君に厚く御礼申し上げる次第である。

参考文献

- (1) 大日方，天崎，寺沢：日本金属学会誌 8，328 (1944)
- (2) F. Hanff, G. Hosse, W. Deisinger: Siemens, 8, 2, (1939)
- (3) E. Emmerich: E.T.Z. 49, 61 (1940)
- (4) 軽金属資料: 144, 2 (1952)
- (5) 軽金属資料: 208, 14 (1953)
- (6) Light Metals: 11, 557 (1952)
- (7) P. M. Hollingsworth: C.I.G.R.E. 2, 203 (1950)
- (8) P. J. Croft: Wire and Wire Product 28, 682 (1953)
- (9) D. T. Hollingsworth: C.I.G.R.E. No. 212 (1954)
- (10) Machinery: 82, 171 (1953)
- (11) Light Metals: 474 (1946, 6)
- (12) Light Metals: 214 (1954, 7)
- (13) J.D. Dowd: Weld. J., 33, 113—S (1954)
- (14) C.W. Roberts: Metallurgia 42, 55 (1950)
- (15) H.C. Watkins: Metallurgia, 42, 372 (1950)
- (16) 山路: 日立評論 36, 1689 (昭29-11)
- (17) ASM 篇: Metals Handbook, 1240 (1948)
- (18) P.M. Hollingsworth: Proc. I.E.E. 161, 603 (1954)
- (19) E. A. Neppiras: Metal Industry, 81, 103 (1952)
- (20) K.D. Kahn: Weld. Eng. 33, 54 (1948)
- (21) J. J. Obrzut: Iron Age, 173, 97 (1954)
- (22) L. Walter: Canad. Metals, 16, 18 (1953)
- (23) A.E. Crawford: Metallurgia, 45, 109 (1953)
- (24) 石黒: 日本金属学会誌 7, 252 (1943)

日立評論

次号目次

- ◎冷却器分散配置型送油風冷変圧器の温度上昇に関する一考察
- ◎水銀インバータと同期機
- ◎最近の日立天井クレーン
- ◎デスクレーン装置
- ◎車輛通風の方式に関する研究
- ◎新型 24 V 型カーボンパイル電圧調整器について
- ◎FM-FM方式によるマイクロ波簡易多重通信装置
- ◎クロスバー式交換機用マルチコンタクト・リレー
- ◎高圧配電線における感電とその対策
- ◎電力ケーブル用絶縁紙の熱劣化特性 (続報)
- ◎鍛錬による内部変形に関する基礎実験
- ◎鋼中のガス含有量におよぼす各種脱酸剤の影響

東京都千代田区丸の内1ノ4 (新丸の内ビルディング7階)

日立評論社

誌代 1ヶ月 ¥100(〒12) 6ヶ月 ¥430(送共) 12ヶ月 ¥840(送共)

日立

Vol. 17 No. 10 目次

- ◎テレビジョンの応用
- ◎10年以上も錆びない継手
- ◎洗濯と洗剤
- ◎スーパーベビコン
- ◎光を追つて
- ◎パンとトースター
- ◎湖底の水田
- ◎水道と井戸ポンプ
- ◎変電所を乗せて走る電気関車
- ◎明日への道標 (交流電気機関車)
- ◎ショールーム (日立電熱器具)
- ◎日立だより

東京都千代田区丸の内1ノ4 (新丸の内ビルディング7階)

日立評論社

誌代 1ヶ月 ¥60(〒6) 6ヶ月 ¥245(送共) 1ヶ年 ¥490(送共)