強 じ ん 軟 ろ う の 研 究*

吉 田 亨** 広 瀬 徳 雄**

Study on Tough Solder*

By Tohru Yoshida** and Tokuo Hirose**

Abstract

Recently the tough solders melting at the low temperature are becoming more and more necessary in order to diminish the bad effects on the base metals brazed in high temperature soldering operation.

The authors studied the binary or ternary alloys composed of Cd-Zn and Cd-Zn-Ag. The results obtained are as follows.

Among the binary alloys melting in the range of 250~450° C, the eutectic solder composed of Cd-Zn containing about 17.4% Zn possesses the best toughness and highest strength of all the other alloys. The mechanical properties are influenced adversely by the deviation of Zn % from the eutectic points. Moreover, Ag as the third element is alloyed into the Cd-Zn eutectic solders for the purpose of obtaining the higher strength. The solid solution limit 3% Ag and 6% Ag corresponding to the compound Ag₂Zn give the best toughness and the highest tensile strength respectively.

1. 緒 言

一般に鋼のろう付作業は母材を相当高温に加熱するため母材が焼入鋼の場合には焼戻されるし、常温加工を受けて硬化せられた鋼の場合は焼鈍または再結晶によってその抗張力および硬度が減少する。この現象はろう付の場合かなり広範囲にわたり溶着部に接近した部分のみにはとどまらない。そこでこれらの欠点をより少なくするために比較的強度が大でかつ低融点の Cd-Zn 系 2 元ろう材、さらに強度を増すために Cd-Zn-Ag 3 元ろう材についてそのろう付条件が強度におよぼす影響を検討した。

2. 実 験

2.1 ろう材の調整

実験に用いたろう材は、次のごとくにして調整した。まず Cd-Zn 合金ろう材の溶解には塩化亜鉛-40%硼酸の混合フラックスを磁性ルツボ中 550°C に溶融保持し Zn (99.8%) を投入し、その後に Cd (99.9%) を添加した。次に、Cd-Zn-Ag 3 元系ろう材は、硼砂をフラックスとしてルツボを 1150°C に保持し、Ag (99.9%) を先ず溶解し、粒状亜鉛を加えて Ag-Zn 母合金を作り、さらにこの母合金を 610°C で溶解し、目的の成分を得るように Cd を加え、いずれも溶融状態で 7 分間保持し、十分攪拌のち空冷した。

Table 1 Loss of alloy elements into slag

Base metal	Holding temperature (°C)	Holding time (min)	Applied fluxes (%)	lost element (weight%)
Cd-Zn	554	7	ZnCl ₂ 60 H ₃ BO ₄ 40	5.4 Cd
Ag-Zn	1115	7	Na ₂ B ₄ O ₇	7.3 Zn
Ag-Zn-Cd	610	5	ZnCl ₂ 50 H ₃ BO ₄ 50	4.7 Cd

この溶解による Cd および Zn の損失量は予備実験によって第 1 表のごとくである。したがって、ろう材調合にあたってはそれだけ過剰の Cd および Zn を加え、溶解後の成分が所定の含有量となるようにした。

2.2 実験の方法

2.1 のろう材を 150°C に予熱した金型に鑄造し、その温度で 2 時間均質加熱を行なって後、10×10×50 mm の衝撃試験片、7×7×100 mm の抗張力試験片をそれぞれ作製した。一方軟鋼 (C0.28%) 7×7×30 mm, 7×7×50 mm の角材をそれぞれ 2 個ずつろう付治具に取り付け、規定の距離をはなしてネジで固定した。これを一定量のフラックスおよびろう材とともに管状炉中に加熱し、挿入時間 5 分間で取り出した。ろう付を完了した試験片は、これを 6.5 mm 角に研磨仕上を施し顕微鏡によってそのろう付間隙を測定した。

間隙測定後シャルピー試験機およびアムスラー試験機によって破断の際のエネルギーおよび引張強度を一般の方式にしたがって計算により求めた。この際もちろんシャルピー衝撃値がろう付部の中央にあたるようにした。

* 原稿受付, 昭和36年6月1日

** 正員, 名古屋市工業研究所 Member, The Nagoya Municipal Industrial Research Institute.

3. 実験結果とその考察

3.1 Cd-Zn 系ろう材の強度

Cd-Zn 系状態図は、Fig. 1 のごとくであり、この合金ろう材の機械的強度は、Fig. 2 に示すように Zn 含有量によって相当大きな違いが生じている。抗張力および衝撃値はともに共晶組成である Zn 17.4% で最高の強度を示し、抗張力は 15.5 kg/mm²、

Fig. 1 Cd-Zn equilibrium diagram

Fig. 2 Cd-Zn alloy mechanical properties

衝撃値は 1.05 kgm/mm² である。

一方 Zn 50% および 70% で抗張力、衝撃値はともに最低でありそれぞれ 8.7 kg/mm²、0.8 kgm を示した。

したがって、Cd-Zn 系のろう材では、Zn 17.4% を含む共晶合金が最もすぐれた強度を有し、実際のろう付部の強度も他成分のろう材によるろう付強度より、より高いことが容易に想像されよう。

3.2 Cd-Zn 共晶ろう材によるろう付強度

およそ、ろう付部の強度はろう付作業の種々の条件によってその機械的性質を異にするものである。その主なものはろう付の作業温度、母材と母材との間隙および熔融状態でのろう材と母材とが接する時間の長短等による影響がきわめて大きいので、3.1 で得た共晶ろう材を用いてそれらの諸条件の強度への影響を比較検討した。

ろう付温度の影響については、ろう付間隙 0.5 mm、ろう付時間を 7 分として、ろう付温度を 285°C より 450°C まで種々の温度範囲とし、その時のろう付強度を求めた結果を Fig. 3 に示す。ここでは 300 ないし 350°C の範囲が抗張力には適当であるように思われる。それより低温では、ろう材の粘性が母材の間隙の中心部にまで

Fig. 3 Joint strength of Cd-Zn (Zn=17.4%)

十分にまわることができず、ろう付部にろうまわり不良の欠陥を生ずることが多い。また 360°C 以上の高温ではろう材の過熱のために結晶粒の粗大化や、Cd の溶解損失をともない、その強度はむしろ低下している。この場合、保持時間をともに 7 分としたが、高温では時間を短縮することによって強度の低下をある程度少なくできよう。この結果においても、一般の場合と同様に熔融点以上 50°C ないし 100°C でのろう付作業が適当であることが確認された。

次いで、作業温度 350°C、ろう付時間 7 分その他の条件を一定にして、母材と母材との間隙を種々に変化させてろう付しその強度試験を行ない、母材の間隙がろう付部の機械的性質に及ぼす影響を検討した。その結果は Fig. 4 および Fig. 5 に示すとおりである。この図より明らかのように、母材間隙をうめる共晶ろう材が狭いものほどより高い強度を示した。しかしながら間隙のあまり狭い場合は (0.2 mm 以下) そのろう材の粘性のためろう廻り不良による欠陥の発生率が多くなり確実性を期しがたい。抗張力の最高は共晶ろう材自体のそれより 4 kg/mm² 高く、間隙 1.5 mm 以上ではろう材のそれよ

Fig. 4 Relation of tensile strength and joint clearance in Cd-Zn brazing

Fig. 5 Relationship of impact strength and joint clearance in Cd-Zn Brazing

り 4 kg/mm² 低くなつてはほぼ一定の値に近づく。また、衝撃破断エネルギーは、間隙 0.3 mm で約 0.4 kgm の最高値であり、0.6 mm 以上では 0.2 kgm の一定値を示し、破断エネルギーの減少の割合は抗張力の間隙より狭い所では抗張力のそれと同様な傾向を示している。

3.3 ろう付強度と銀含有量

Cd-Zn 共晶ろう材の強度を更に改善するために、有効と思われた Sn, Ag および Sb などの第 3 元素を添加し、その影響を検討したところ、Sn と Sb はむしろその性能の低下をもたらしたのでその結果を省略し、ろう材の強度に有効な結果を示した Ag 成分について詳述する。

実験の方法は前述のとおりし、Ag を 1 % より添加してそれぞれの合金ろう材を作製し、ろう付強度試験を行なった。Ag 含有量の影響は Fig. 6, 7 に明らかなごとく抗張力との関係は、2 % まではほとんど影響せず、3 % より増加し 6 ~ 7 % において 17 ~ 18 kg/mm² に達し、それ以上の含有量増加はむしろ低下した。また衝撃破断エネルギーでは Ag 3 % 附近に最高の値を示し、

Fig. 6 The increase of tensile strength by adding Ag

Fig. 7 The increase of impact strength by adding Ag

5 % より以上ではかなりの低下をきたしている。

衝撃破断エネルギーには Cd-Zn 共晶ろう材の固溶限である 3 % Ag までの添加が有効であり、抗張力には Ag-Zn 化合物を形成する限度の 5 ~ 7 % Ag が最高の強度を示し、それ以上の Ag は金属間化合物形成による脆性現象を表わし、かつろう材の溶融点をいたづらに上昇させる理由から、所期の目的に合致させるためにこの限度以上の Ag 添加はさけなければならない。

4. 結 論

(1) Cd-Zn 2 元系ろう材によるろう付部の破断強度は、Zn 17.4 % を含む共晶合金で最も高い強度が得られた。

(2) ろう付強度に及ぼすろう付温度は、共晶熔点より 40 ~ 100 °C、すなわち 310 °C ~ 350 °C の範囲で最強の抗張力および衝撃値を得る。

(3) ろう付後のろう材の強度が、母材すなわち軟鋼のそれよりも相対的強度に比較差を有する Cd-Zn 共晶ろう材では、一般に推奨されている間隙より、さらに広い 0.5 ~ 0.6 mm の広い間隙をとるようにしたほうが、ろう付部の強度は高い値をうる。

(4) 第 3 元素としての銀添加量の影響は、衝撃値には固溶体限度、すなわち 3 % Ag および抗張力には Ag-Zn 化合物を形成する限度、6 ~ 7 % Ag がともに最高強度を示した。

最後に、本研究を行なうにあたって東北大学工学部小林卓郎博士、名古屋市工業研究所中野幸久博士より有益な助言を賜った。ここに深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 吉田「ろう付の強度」溶接学会誌 第26巻, 7号
- 2) 材料研究会編「2元合金状態図集」
- 3) 自転車工業会「自転車生産技術」第57号