

1. はじめに

はんだ材料としては古くからSn-Pb系の合金が使用されてきたが、近年鉛の人体への影響から環境問題としてその使用が規制されつつあり、鉛フリーはんだの開発が行われ、実用化されつつある。しかし、鉛フリーはんだの代表であるSn-3.5Agはんだは融点が従来のSn-Pb系の合金に比較してやや高く、低融点が必要な部品の接合には不適當な場合がある。そこで低融点はんだとしてSn-Bi系のはんだの使用が望まれるが、接合強度が弱いといわれている。本研究ではSn-Bi共晶はんだに第3元素を添加することによって接合界面における組織を制御し、接合強度の改善を図る試みについて報告する。

2. 実験方法

3. 1 試験片

Sn-57Bi, Sn-57Bi-1Ag, Sn-57Bi-0.5Cu, Sn-57Bi-1Cu, Sn-57Bi-1Zn合金を溶解し、金型に鋳込んではんだ材料を作製した。このはんだ材料を用いて、 $20 \times 30 \times 2 \text{ mm}^3$ の純銅板を2枚、30mmの辺を平行に1mmの間隔をあけてつき合わせアルミ合金版上に乗せ、それをホットプレート上で170℃に加熱し、融解後、凝固させ、はんだ接合を行った。また比較用の試料としてSn-3.5Agはんだについても同様の試料を作製した。この接合した材料を幅3mmに切断し、はんだ部が1mmの長さを持つ、Fig.1のような引張試験片を作製した。

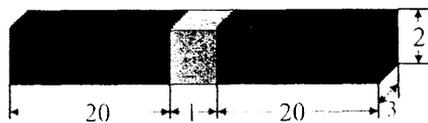


Fig.1 Dimension of specimen

4. 2 引張試験

引張試験は試験片の銅の部分を治具でつかみ、室温、40℃および100℃において、引張速度0.005~0.5mm/minで、(株)島津製作所製オートグラフで行った。

2. 3 時効処理

接合したはんだを100℃で種々の時間時効させた後、引張り試験を行って経年変化に伴う接合強度の劣化に関する実験を行った。

5. 4 組織観察

引張試験後の破断面と接合界面の組織観察をSEMを用いて観察するとともに接合界面をEDSを用いて元素分析を行い、界面の元素の分布状態を調べた。

3. 結果および考察

3. 1 接合強度

引張試験をした結果、銅の部分は塑性変形せず、はんだの部分のみにおいて塑性変形が生じた。

Fig.2にSn-57Bi, Sn-57Bi-1AgおよびSn-57Bi-1Znの試

料に対する室温での応力-ひずみ曲線を示す。Sn-57Bi系はんだの特徴は、Sn-3.5Agはんだに比較して接合強度は高いが延性に乏しく、塑性変形をせずにほとんど降伏点を過ぎるか、あるいは極端な場合は降伏に至らなくて、接合界面において破断する。特に、室温でひずみ速度の速い試験条件でははんだ部の弾性変形領域において銅とはんだの接合界面で破壊する現象が生じた。そこで、接合強度としては、最大変形応力を取ることにした。同一条件の試験における破断強度を比較するとSn-Bi系のはんだはSn-3.5Agと比較するとかなり高強度であった。

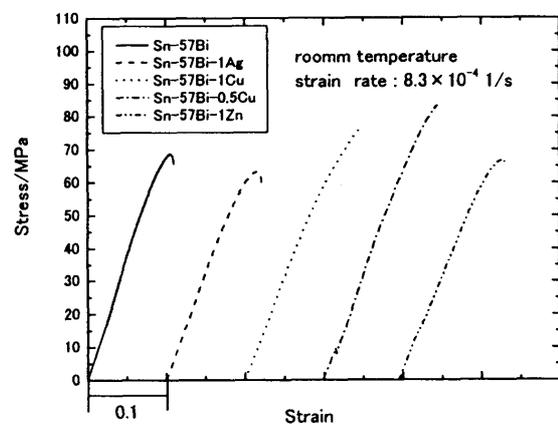


Fig.2 Stress-strain curves of various Sn-Bi solders at room temperature.

次に時効に伴う接合強度の変化について調べた結果を示す。100℃で24時間時効したSn-57Bi-1CuはんだとSn-57Bi-1Znはんだにおける室温での応力-ひずみ曲線Fig.3に示す。第三元素の添加の影響ではCuを添加した場合、もっとも時効に対して接合強度の低下が大きく、極端な場合は試験機に取り付け途中で接合界面から破断する現象がしばしば生じた。また時効に対して接合強度の低下があまりみられなかったのはZnを添加した場合であった。

時効に伴う接合強度の変化は接合界面における組織変化、特に金属間化合物層の形成と密接に関係するものと思われる。前回は接合時に超音波を付加した場合に、接合界面の組織が微細化されるなどの効果により、接合強度の向上が図れることを示したが、接合界面の組織状態は接合強度にとって大変重要な因子である。^{1, 2)}

第3元素の添加による、接合強度の改善についての効果を明らかにするためにSn-57Bi-1Znはんだにおける接合界面の組織観察と元素分析をSEMとEDSを用いて行った。

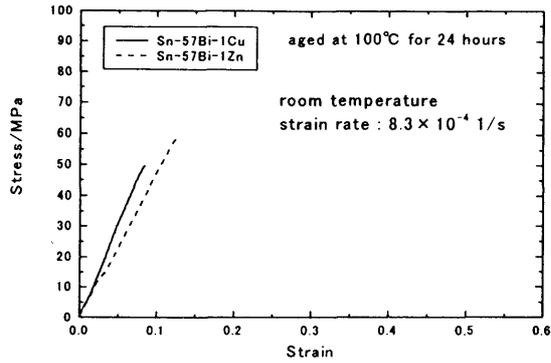


Fig.3 Stress-strain curves of Sn-Bi solders aged at 100°C for 24 hours.

Fig.4はSn-57Bi-1 Znはんだの100°Cで60時間時効後の接合界面におけるSEM写真とEDSによる界面近傍の面分析結果である。Sn-57Bi系合金は基本的にはSn相とBi相の2相の共晶組織であるが、時効によって共晶組織は粗大化する。また界面にはZnの濃度の高い、層状の領域が存在する。このZn濃度の高い領域は時効時間が長くなるほど増加し、時効によってZnが界面に偏析するとともに、銅の表面から内部に固溶していくと思われる。

このような接合界面におけるZn濃度の上昇ははんだと接合した銅の界面における η 相(Cu₃Sn₅)の層の形成を困難にし、これが接合強度の改善につながっていると思われる。逆に第3元素としてのCuの添加は接合界面における金属間化合物相の生成を助長し、接合界面の脆化を促進し、接合強度の低下に至ると考えられる。

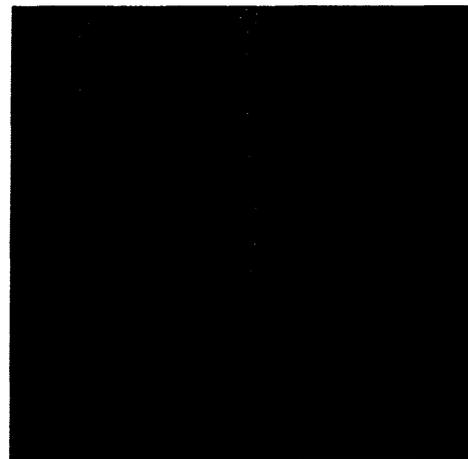
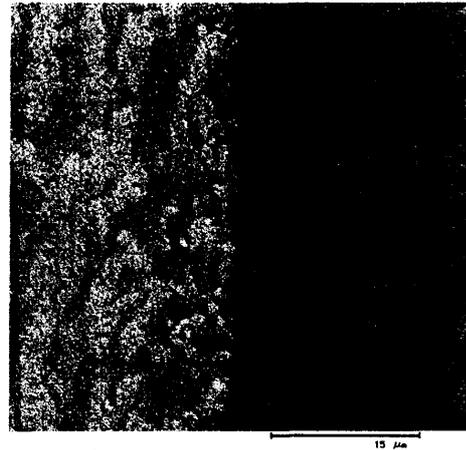
Sn-Bi系はんだの接合強度を向上させるためには銅と固溶する第3元素の添加が効果があると考えられる。

4. まとめ

Sn-Bi系はんだの接合強度は接合界面の組織の影響を受け、接合界面の金属間化合物相の形成を阻害することにより接合強度を高めることが可能と考えられる。第3元素の添加により接合界面での金属間化合物相の生成を抑制し、接合強度を向上させることが可能である。このような組織制御によってはんだの接合強度を改善することは有効な手段だと考えられる。

参考文献

- 1) 菊池潮美, 西村美穂, 日本材料学会学術講演会講演論文集、435(2000)
- 2) S.Kikuchi, M.Nishimura, K.Suetsugu, T.Ikari and K.Matsushige, Material Science and Engineering, A319~321, 475(2001)



Zn rich zone

Fig4. SEM micrograph and a distribution of Zn analyzed by EDS for a Sn-57Bi-1Zn specimen aged at 100°C for 60 hours.