

229 Sn-Pbはんだの機械的性質に及ぼす温度およびひずみ速度の影響

○大産大工 能瀬 春雄 立命館大工 古沢 弘
立命館大工 坂根 政男 立命館大工 大南 正瑛
日本アイ・ピー・エル 塚田 裕 日本アイ・ピー・エル 西村 秀夫

1. 緒言

現在、電子デバイス用はんだの熱疲労寿命評価法については確立しているとはいえない。同寿命評価法の開発に当たってはFEMによる解析的研究が不可欠であるが、その際に入力する構成関係の把握が必要となる。しかし、現状では正確な構成関係が実験的に求められていない。本研究では、Pb含有量の異なる3種類の電子デバイス用はんだ材料を供試材として、種々の温度レベルおよびひずみ速度で静引張り試験を実施し、Pb含有量による機械的性質の温度およびひずみ速度依存性について検討した。

2. 試験片および実験方法

本研究で使用したはんだの化学成分および熱処理条件をTable 1に示す。試験片形状はJIS4号試験片に準じている¹⁾。試験片はまず直径=25mm、長さ=145mmのインゴットを鋳造し、所定の寸法形状に機械加工した後、熱処理を施した。標点端部には伸び計測用の突起部を設けこの間の伸びを計測精度1μmの伸び計および測定範囲最大0.5mmの作動トランスをそれぞれ2個使用して測定した。引張り試験機は、最大容量10KNのオートグラフを使用した。試験片の加熱は電気抵抗炉(1.28kW)および下部プルロッド部に取り付けたバンドヒータ(100W)で行い、試験片標点部での温度差は0.1K以内であった。なお、設定温度に到達後1時間保持し、実験を実施した。

本研究で採用したひずみ速度と温度の組み合わせをTable 2に示す。ひずみ速度は $\dot{\epsilon}=2.0\%/sec \sim 0.001\%/sec$ の4段階とし、実験温度は313K~398Kの4レベルで実施した。

3. 実験結果および考察

本研究では広範囲のひずみ速度と温度条件で引張り試験を行ったが、一例としてFig. 2(a), (b), (c)に353Kでの応力-ひずみ関係に及ぼすひずみ速度の影響を示す。

響を示す。

10Sn-90Pb, 40Sn-60Pbおよび62Sn-36Pb-2Agの3種類のはんだ材ともにひずみ速度の低下に伴って、引張り強さが低下し、最大応力時のひずみは破断伸びに対して小さな領域で生じていた。また、 $\dot{\epsilon}=2.0\%/sec$ での引張強さは62Sn-36Pb-2Agが最も大きく、Snの含有量が少なくなる程低下することがわかる。破断伸びは40Sn-60Pb, 62Sn-36Pb-2Agではひずみ速度の低下に伴い破断伸びは増加するが、10Sn-90Pbでは逆にひずみ速度の低下に伴って破断伸びは減少するような傾向にある。

はんだ材はクリープ効果が大きく、弾性域に相当する直線部分のひずみは極めて小さいため、ひずみ速度 $\dot{\epsilon}=2.0\%/sec$ 以下では弾性域に相当する直線部分はほとんどみられない¹⁾。本研究では、最も早いひずみ速度の試験として $\dot{\epsilon}=2.0\%/sec$ の試験を実施して降伏応力を求めた。ひずみ速度 $\dot{\epsilon}=2.0\%/sec$ での降伏応力とSn含有量の関係をFig. 2に示す。なお、同図中には前報¹⁾で行った5Sn-95Pbおよび63Sn-37Pbの結果も併記している。5種類の材料で最も降伏応力の大きいものは62Sn-36Pb-2Agであり、温度313Kの約 $\sigma_y=15.5MPa$ となっている。温度の上昇に伴って降伏応力は低下するが、353Kと398Kではそれほど大きな差はない。Snの含有量の変化についてみると、Snの含有量の増加に伴って降伏応力は上昇するが、Snの含有量が多いもの程温度の影響が大きい。また、

Table 2 Test condition.

Strain rate $\dot{\epsilon}$	Temperature			
	313K	353K	373K	398K
2.0%/sec	○	○	—	○
0.5%/sec	○	○	○	○
0.05%/sec	—	○	○	—
0.001%/sec	○	○	—	○

Table 1 Chemical composition and heat treatments of three solders.

Material	Chemical composition (wt%)								Heat treatment
	Sn	Ag	Pb	Sb	Cu	Bi	As	Cd	
10Sn-90Pb	9.79	—	Bal.	0.0031	0.0006	0.0026	0.0001	0.0000	471K, 2hr, AC
40Sn-60Pb	39.72	—	Bal.	0.0340	0.0007	0.0043	0.0013	0.0000	417K, 2hr, AC
62Sn-36Pb-2Ag	61.90	1.95	Bal.	0.0990	0.0067	0.0086	0.0007	0.0037	370K, 2hr, AC

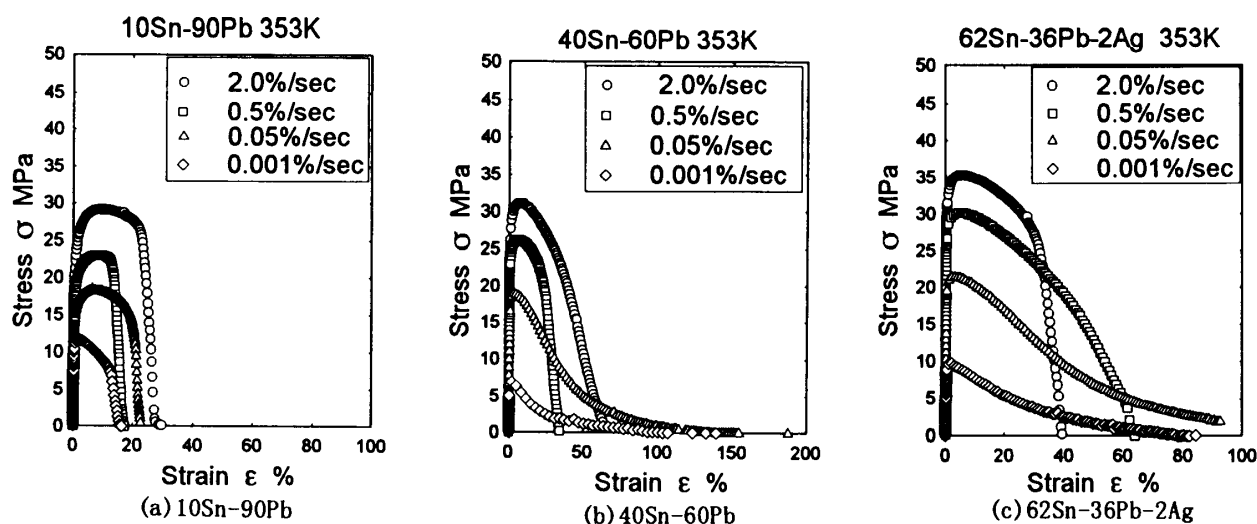


Fig. 1 Effect of strain rate on stress-strain relationship at 353K.

Snの含有量がほぼ等しい62Sn-36Pb-2Agと63Sn-37Pbで大きな降伏応力の差が生じたのは、2Agの添加によるものと推察される。

Fig. 3に353Kでの引張り強さとSnの含有量の関係を示す。ひずみ速度が $\dot{\epsilon}=0.05\%/sec$ ～ $2.0\%/sec$ の範囲ではSn含有量の増加に伴って引張り強さは上昇するが、 $\dot{\epsilon}=0.001\%/sec$ においては逆に低下する傾向を示している。また、Sn含有量のほとんど同じの62Sn-36Pb-2Agと63Sn-37Pbとは両者の引張り強さの差が大きく、Ag添加が引張り強さを上昇させる効果があることがわかる。

Fig. 4に $\dot{\epsilon}=0.5\%/sec$ での引張り強さとSnの含有量の関係を示す。Snの含有量の増加に伴って引張り強さは上昇するが、高温側程その上昇の程度は小さい。同様の傾向は他のひずみ速度においても観察された。また、各実験温度でSnの含有量のほぼ等しい62Sn-36Pb-2Agと63Sn-37Pbの最大引張り強さに強度差が生じていることは、降伏応力の場合と同様に2Agの添加の影響が推察される。

4. 結 言

- (1) 40Sn-60Pb, 62Sn-36Pb-2Agではひずみ速度が遅くなるに従い破断伸びは増加したが、10Sn-90Pbではひずみ速度が遅くなるほど破断伸びは減少した。
- (2) 降伏応力および引張り強さは、Snの含有量の増加に伴い上昇することが判明した。しかし、低いひずみ速度や高温側の実験では両者に及ぼすSnの含有量の影響は少なかった。
- (3) Ag添加は高ひずみ速度や高温側の降伏応力や引張り強さを上昇させる効果があった。

参考文献

- (1) 能瀬春雄, 古沢 弘, 坂根政男, 大南正瑛, 塚田 裕, 西村秀夫, 第34回高温強度シンポジウム前刷集(71) 1996.

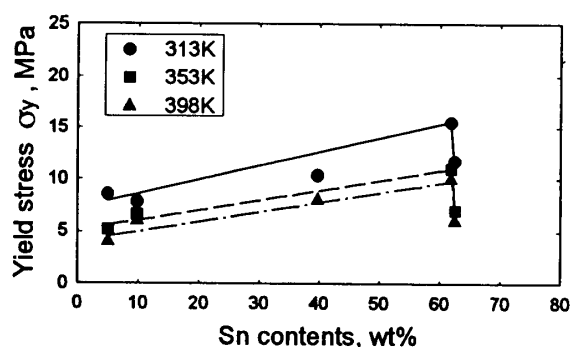


Fig. 2 Variation of yield stress with Sn content at 2.0%/sec.

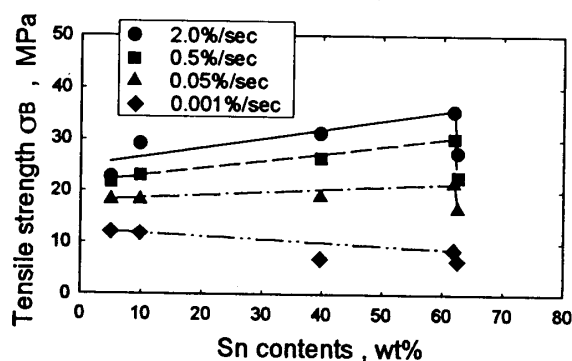


Fig. 3 Variation of tensile strength with Sn content at 353K.

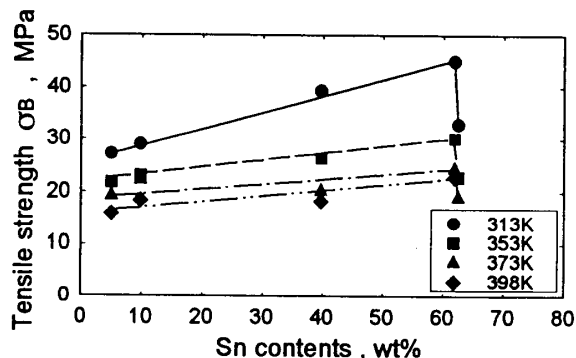


Fig. 4 Variation of tensile strength with Sn content at 0.5%/sec.