Pb-Si および Pb-Sb-Si 合金の耐 クリープ性について*

寺 沢 正 男**

Masao Terasawa: On The Creep Resistance of Lead-Silicon and Lead-Antimony-Silicon Alloys. In this paper, the change in creep resistance of lead and lead-antimony alloys due to silicon content is described. Specimens used in this study were extruded wires of 2 mm diameter and the testing temperature was from 29 to 31°C. The results obtained were as follows: (1) The creep resistance properties of lead and lead-antimony alloys were improved by addition of silicon. An increase of silicon and antimony content in lead see-

** 武蔵工業大学工学部 (Musashi Institute of Technology, Tokyo)

* 1960 年 10 月本会札幌大会に発表; Si を添加した Pb および Pb 合金の研究 (第 8 報)

med to increase the creep resistance at high stress. (2) The creep rate in 100 hrs of lead and its alloys was decreased generally by addition of silicon. (3) The time required for 1% elongation in lead-silicon alloys was longer than in lead, in lead-antimony-silicon alloys was generally longer than in lead-antimony alloy and the value at low stresses was similar to that of lead.

(Received August 21, 1961)

I. 緒 言

Pb およびその合金の耐クリープ性については、すでに幾多の研究がなされているが、本報においては前報⁽¹⁾に引き続き Pb-Si および Pb-Sb-Si 合金に関し、これの耐クリープ性について実験を行なった結果明らかになった Si の Pb および Pb-Sb 合金におよぼす影響について報告する。

II. 試験片および試験方法

1. 試験片

試験片の組成と種類は Table 1 に示した。試験片は直

Table 1 Chemical compositions of specimens (wt %).

	Pb	Sb	Si
1	99.99	—	—
2	bal.	0.5	—
3	〃	1.0	—
4	〃	5.0	—
5	〃	—	0.010
6	〃	—	0.014
7	〃	—	0.017
8	〃	0.5	0.010
9	〃	1.0	〃
10	〃	5.0	〃
11	〃	0.5	0.014
12	〃	1.0	〃
13	〃	5.0	〃
14	〃	0.5	0.017
15	〃	1.0	〃
16	〃	5.0	〃

径 2 mm, 標点距離 80 mm とした押出線材で、加工率は 98 % である。各組成の試験片はそれぞれ 5 本宛用意した。

2. 試験方法

試験片の上端を固定し、下端に重錘を懸吊し、標点距離間の変化を顕微鏡で測定した。試験温度は 29~31°C に保持し、測定期間は最長 2000 時間とした。引張応力は 0.15, 0.26, 0.39, 0.52, 0.73 kg/mm² の 5 種とした。なお、これらの組成の合金の機械的性質および顕微鏡組織は前報⁽²⁾に報告した。

III. 試験結果と考察

1. クリープ曲線

Fig. 1 は Pb-Sb 合金のクリープ曲線である。本合金系のクリープに関する研究⁽³⁾はすでに発表されているが、本実験によるものと、合金組成、試験温度、試験片寸法および形状、荷重その他の条件を異にし、これらの試験結果を

借用することができなかつたので、新たに試験を行なったものである。ただし、本実験結果と比較検討した結果、ク

Fig. 1 Creep curve for lead-antimony alloys.

リープ曲線の傾向は一致している。本実験においても前記論文に記されているようにクリープの初期段階は実験誤差も多く、また低荷重では伸び量が小さく、あまり問題とはならないので大体 10 時間以上のデータを示すこととした。

低応力 0.15 kg/mm² における各組成の合金はこれ以上の応力のものに比較して初期のクリープはほとんどなく、100 時間近くに達して急速にクリープし、再びクリープが減少する現象を示しているが、この点についてはなお検討する必要がある。

Fig. 2 は Pb および Pb-Si 合金のクリープ曲線を示す。Pb および Pb-Si 合金は傾向としては類似であるが、Si 含有量の増加に従ってクリープが小さく、また応力の大きい方がクリープの減少が著しくなり、Pb の耐クリープ性を改善し得ることを示している。

Fig. 3 は Si 0.010% を含有する Pb-Sb-Si 合金のクリープ曲線を示す。この程度の Si 含有量は耐クリープ性に対し著しい変化を与えないが、概してクリープを増加する傾向を示している。

Fig. 4 は Si 0.014% を含有する Pb-Sb-Si 合金のクリープ曲線を示す。0.15 kg/mm² においては Si の添加によつ

(1) 寺沢：本誌，22(1958)，1；217；283；347；517；568；23(1959)，194；寺沢，吉田：24(1960)，487。

(2) 寺沢：本誌，22(1958)，1；217；347。

(3) 例えば，H.F. Moore, N.J. Alleman: Univ. of Illinois Bulletin, 32(1935), No. 23；山路，大内：日立評論，39(1957)，No. 11

て Pb-Sb 合金に比してわずかながらクリープの増加する傾向を示しているが、それ以上の応力においては一般にク

リープは減少し、高応力では Si 添加が耐クリープ性の改善に寄与していることを示している。

Fig. 2 Creep curve for lead-silicon alloys.

Fig. 4 Creep curve for lead-0.014% silicon-antimony alloys.

Fig. 3 Creep curve for lead-0.010% silicon-antimony alloys.

Fig. 5 は Si 0.017% を含有する Pb-Sb-Si 合金のクリープ曲線を示す。Pb-Sb 合金に比較して、Si の添加により概して耐クリープ性を改善することができた。

以上をまとめると、Pb-Si 合金は Pb よりも耐クリープ性が向上し、Pb-Sb-Si 合金において低 Sb 含有で低応力域では Si 添加により耐クリープ性の向上は期しがたいが、Si 含有量が増加すると高応力での耐クリープ性を向上させる傾向を示した。

2. クリープ速度におよぼす応力の影響

クリープ速度については 100 時間の伸びで比較した。Fig. 6 は Pb, Pb-Sb, Pb-Si, Pb-Sb-Si 合金のクリープ速度と応力の関係を示す。Pb-Sb 合金では Sb 5% の合金がもつともクリープ速度が小さく、Pb-Si 合金では Si 含有量の増加に従ってクリープ速度が減少し、Pb-Sb-Si 合金では Pb-Sb 合金と比較すると Si の添加によつてクリープ速度が小さくなる。また、Si 含有量の増加による影響を見ると、クリープ速度は含有量の増加に従って一般に減少の傾向を示し、Sb 含有量の増加も一般に減少に効果があると考えられる。

3. 1% 伸びるまでの時間におよぼす応力の影響

Fig. 7 は 1% 伸びるに要した時間と応力との関係を示し

た。一般に Pb は Pb 合金に比較して高応力では伸びが大きく、低応力では伸びが小さい性質をもっていることが知

Fig.5 Creep curve for lead-0.017% silicon-antimony alloys.

Fig.6 Relation between creep rate in 100 hrs (%) and stress for lead, lead-antimony, lead-silicon, lead-antimony-silicon alloys.

られている⁽³⁾。本実験においても Pb-Sb 合金はその傾向を示している。Pb-Si 合金では全般の傾向として Pb より伸

びが小さい特性を示し、Pb-Sb-Si 合金においては高応力において Pb-Sb 合金と類似であるが、低応力では Pb-Sb

Fig.7 Relation between time required for 1% elongation and stress for lead, lead-antimony, lead-silicon, lead-antimony-silicon alloys.

合金よりも Pb の値に接近する傾向を示し、全般的には Si 添加によつて合金の改善に寄与し、伸びが小さくなる性質を示している。

IV. 総 括

上記実験結果をまとめると次の通りである。

(1) クリープ曲線より見た耐クリープ性は、Pb に Si を添加するとその含有量の増加に従つて改善され、Pb-Sb 合金に Si を添加すると一般的に Si, Sb 含有量および応力が增加するに従つて改善される傾向を示す。

(2) クリープ速度におよぼす応力の影響においては、Pb-Si 合金のクリープ速度は Pb より小さく、Pb-Sb-Si 合金においては Si 含有量の増加に従つて一般に小さくなる傾向を示す。

(3) 1% 伸びるに要する時間については、Pb-Si 合金は Pb に比較して全般的傾向としては伸びが小さく従つて所要時間は大きい。Pb-Sb-Si 合金は低応力において Pb-Sb 合金に比較して伸びが Pb に接近し、1% 伸びるに要する時間は大きくなる。

以上の結果より総合的傾向を見ると、Si は Pb および Pb-Sb 合金の耐クリープ性の改善に寄与しうる場合が多いと見做される添加元素であると思われる。

本研究に関し御指導を賜つた東京工業大学教授森永卓一先生ならびに作井誠太先生に厚く感謝申し上げ、また実験に協力を賜つた武蔵工業大学本多達三助教授、吉田英二講師にお礼を申し上げる。