Si を添加したPbおよびPb合金の研究 (第5報)
曲 げ 特 性 に つ い て*

寺 沢 正 男**

Masao Terasawa: Study on Lead and its Alloys with Added-Silicon (5th Report). On Bending Characteristics. In this paper, the author describes the results of some bending property tests of lead-silicon and lead-antimony-silicon alloys at room temperature. The results obtained

** 武蔵工業大 工学学部

* 1952 年 4 月および 1954 年 4 月本会東京大会に一部発表

were as follows: (1) In Charpy impact tests of U notched specimens, the properties of lead-silicon alloys were not improved by the silicon content, but the properties of lead-antimony-silicon alloys were improved by it. (2) In reverse bend tests of as-cast and as-extruded round bar specimens, the properties of lead-silicon alloys were improved by the silicon content, especially the as-cast alloys showed better results than the as-extruded alloys, and the properties of lead-antimony-silicon alloys were improved by the silicon content in the range of low antimony contents. (3) In repeated fatigue tests of extruded round bar specimens, the properties of lead-silicon alloys and lead-antimony-silicon alloys were improved by the silicon content.

(Received April 5, 1958)

I. 結 言

Pb 合金は水道管、ケーブルシースその他の用途上、耐屈曲性に対し優れた性能を示すものが望まれているので、本報においては Si を添加した Pb 合金の曲げ特性についての結果を報告する。曲げ試験の種類としてはシャルピー試験片による衝撃曲げ試験、90° 宛屈曲を繰返す曲げ加工試験および繰返し曲げによる疲れ試験の 3 種について実施した。

II. 試験片および試験法

1. 試験片

試験片の組成および熔製法は前報⁽¹⁾に準じた。

衝撃曲げ試験片の寸法はシャルピー試験片 (JIS 3 号試験片) に準じ、試験片の数は Pb-Si 系合金で各組成 3 本宛として計 21 本、Pb-Sb-Si 系合金でも同様にして計 147 本を準備し、試験結果によつて適宜補充した。

屈曲による曲げ加工試験片の寸法は鋳造材では $14\phi \times 200$ mm、押出し材では $5\phi \times 120$ mm とし、本数は前者同様一組成につき 3 本宛準備し、Pb-Si 系合金はそれぞれ 21 本、Pb-Sb-Si 系合金では同様 147 本とした。本試験においては鋳造材と押出しのまゝと 240° に加熱後水冷した熱処理材の 3 種を使用し、鋳造材と加工材との実験値の差を熱処理によつてどの程度縮めうるかを確かめるために熱処理材を附加してみた。

繰返し曲げによる疲れ試験片の寸法は全長 $5\phi \times 80$ mm、有効長さ 40 mm として全て加工材 (95% 加工率の押出し材) とし、前者同様一定振幅の試験片は 3 本宛で Pb-Si 系合金で 21 本、Pb-Sb-Si 系合金で 147 本準備し、応力を変化させる疲れ試験片は Pb-Si 系合金で各組成 10 本宛とし 70 本、Pb-Sb-Si 系合金でも同様 10 本宛として計 420 本準備した。

2. 試験法

衝撃曲げ試験はシャルピー試験機によりシャルピー値として実験値を求めた

繰返し曲げ加工試験は従来公知の曲げ加工試験機を用い、試験片の一端を試験片の径を半径とした曲面をもつ溝付チャックで掴み、他端を保持して左右に交互に 90° 宛折曲げ、90° 折曲げを 1 回と数えて破断までの回数を求めた。1 回の折曲げに要する時間は 4 sec とした。

疲れ試験機は Upton Lewis 式疲れ試験機の方式により平面的に繰返し曲げを与えて破断するまでの回数を求め

た。試験法は 2 種とし、一法は試験片の一端を固定し他端を所定 (0.060, 0.075, 0.090 rad.) の振幅で振らせ、他法は試験片の一端に所定の振幅を与え他端に所定の力を与える方式のものである。試験片の有効長さはいずれも 40 mm 曲げ回数は 2000 reversal/min とした。

III. 実験結果と考察

1. 衝撃曲げ試験

衝撃曲げ試験の Pb-Si 系合金の各組成の試験結果は Fig. 1 に示す。前報⁽¹⁾の諸結果と同様、Si 0.010~0.017

Fig. 1 Relation between Charpy values and Si contents in Pb.

% の域で衝撃値に変化が認められ、わずかながら Si の増加により衝撃値の低下が見られる。Pb-

Sb-Si 系合金の各組成の試験結果は Fig. 2 に示す。Pb-Sb 合金に比して Si の添加された合金は衝撃値は向上し靱性の向上が認められる。前報⁽¹⁾の組織と比較検討すると Pb-Si 系合金は溶質の晶出につれて衝撃値は低下し、Pb-Sb-Si 系合金では固溶限付近で向上の著しいことを示している。

Fig. 2 Relation between Charpy values and Sb and Si contents in Pb.

2. 繰返し曲げ加工試験

Pb-Si 系合金の繰返し曲げ加工試験の結果は Fig. 3 に示す。鋳造材は Si 0.017% までは著しく屈曲性は向上し、押出し加工材は前者と傾向は類似であるが向上率は小

さい。前報⁽¹⁾の組織に見られるように加工材は脆い析出物が細く散在し伸びも劣化していることより見て屈曲性が低

Fig. 3 Relation between number of reverse bend and Si contents in Pb.

下したものと考えられる。Pb-Sb-Si 系合金の各組成の試験結果は Fig. 4 に示す。鋳造材、押出し材、熱処理材ともに Pb-Si 系合金に比して屈曲性は低下し Sb 添加が望ましくないことを示しており、特に Sb 1% までの低下率は大きい。Si の含有によつて低下は抑制される。Sb 1% 以上に対しては Si の含有は逆に劣化を促進する傾向を示す。鋳造材と押出し材とを比較すると微量 Sb の含有量の域では鋳造材が優れ、Sb 含有量の増大するに従つて押出し材が優れている。鋳造材の高 Sb 含有域で性質の劣化するのは晶出物が加工材に比して大きく粒界割れによるものと考えられ、これらの傾向は伸びの性質⁽²⁾と一致する。

Fig. 4 Relation between number of reverse bend and Sb and Si contents in Pb.

3. 繰返し曲げによる疲れ試験

(1) 振れ角一定の試験

振れ角すなわち振幅一定の場合の試験は、前記 3 種について行つたが実験結果の傾向は類似であるので、振幅 0.075 radian の実験例のみを示し、Pb-Si 系合金の各組成の試験結果は Fig. 5 に示す。Si 添加の増量に従い破断までの回数は向上し繰返し曲げ加工と同傾向の結果を示し、Si を含有するものは性質を改善することを示している。

Pb-Sb-Si 系合金の各組成の試験結果は Fig. 6 に示す。傾向は繰返し曲げ加工と類似の傾向を示し Sb の増加に従つ

Fig. 5 Relation between number of cycle and Si contents in Pb in the case of constant amplitude of bending (0.075 rad).

Fig. 6 Relation between number of cycle and Sb and Si contents in Pb in the case of constant amplitude of bending (0.075 rad.).

Fig. 7 Relation between various amplitude of bending and number of cycle in the case of Pb-Si and Pb-Sb-Si alloys.

て性質が低下するが、第 4 報に述べたように Pb-Sb 合金に比して Pb-Sb-Si 系合金は硬さが大きく強制曲げに対する屈曲性が概して劣るため破断までの繰返し数が低下の傾向を示し、実験値のばらつきも多く見られる。振れ角を種々変えた場合の破断までの回数を Pb-0.017% Si と Pb-5% Sb-0.017% Si の 2 組成について求めたものが Fig. 7 である。振れ角の大きい場合は硬さが大きく、伸びが小さい試験片は少い曲げ回数で破断し、振れ角が小さくなると逆になり一定の曲げ応力を与えた疲れ試験の結果と傾向が一致する。

以上述べた諸実験の数値は極端に離れたものを除外して

(2) 寺沢：本誌，22(1958)，218.

平均値を記載したものであり、少くも 3 個の実験値の平均によるものである。

(2) 曲げ応力一定の試験

曲げ応力を一定にした場合の破断までの回数を Pb-Si

Fig. 8 Relation between bending stress and number of cycle on Pb-Sb-Si alloys.

Fig. 9 Relation between bending stress and number of cycle on Pb-Sb-Si alloys.

系および Pb-Sb-Si 系合金について求めたものが Fig. 8, 9 である。Sb および Si 含有量の増加に従って強さおよび硬さが大きくなり、破断までの曲げ回数が向上し耐疲労性は良くなる。特に引張り強さ⁽²⁾と硬さ⁽³⁾の向上率の大きい Sb 0.7~1.0% において Si を含有したものの効果は顕著である。

IV. 総 括

上記実験結果を要約すると次の如くである。

(1) 衝撃曲げ試験においては、Pb-Si 系合金は溶質の晶出によって衝撃値は低下し、Pb-Sb-Si 系合金は Si 含有によって衝撃値は向上する。

(2) 繰返し曲げ加工試験においては、Pb-Si 系合金では Si 含有量の増加に従って破断までの回数は向上し鋳造材は加工材よりも向上が顕著である。Pb-Sb-Si 合金では Sb 含有量の増加に従って低下するが、微量の Sb 含有量域では Si の含有によって改善される。Sb 含有量が増加すると Si の含有によって低下する。鋳造材は加工材に比して微量 Sb 含有域で Si 添加の効果が大きく、Sb 含有量の増加に従って加工材の方が優れ、加工材を熱処理すると鋳造材と性質が接近する。

(3) 振れ角一定の疲れ試験においては、Pb-Si 系合金では Si 含有量の増加に従い性質は向上し、Pb-Sb-Si 系合金では Sb 含有量の増加に従い性質は低下する傾向を示し、Si 含有による効果は概して認められない。

(4) 曲げ応力一定の疲れ試験においては、Pb-Si 系および Pb-Sb-Si 系合金ともに Si 含有量に従い破断までの回数が向上し、特に Sb 0.7~1.0% の範囲における Si 含有の効果は顕著である。

本実験に関し御指導を賜った東京工業大学教授森永卓一先生に厚く感謝申し上げる。

(3) 寺沢：本誌，22(1958)，347。