

Pb-Sb 合金の機械的性質について

On The Mechanical Properties of Pb-Sb Alloys

西 川 精 一 ・ 小 林 繁 美

Pb-Sb 合金の時効特性に及ぼす微量元素の影響については著者の最近の報告⁽¹⁾において詳細に述べたが、これらの基礎データをもとにして、一定変形速度下で引張った場合の荷重-変形曲線の形、引張強さ、伸びなどについて得られた実験結果を考察する。

(1) 試料 鉛は 99.99%up の電気鉛、アンチモンは 99.999% の高純度を使用した。市販純度 (99.5~99.7%) のアンチモンも比較のため使用したが、この中には 0.15% の As が不純物として含まれていることを確認した。スラブを圧延で 4~5 mm の厚さにし、これを 5 号試験片に仕上げた。各微量元素の添加方法は前記報告に述べた通りである。

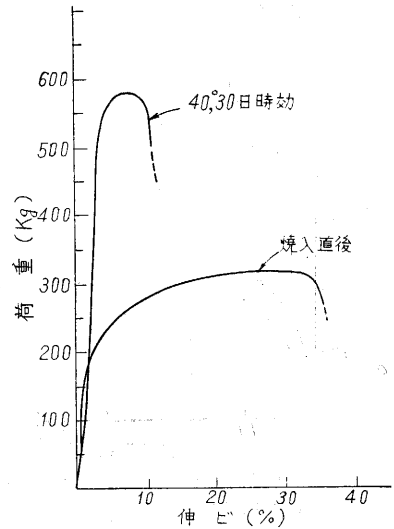
(2) 熱処理 5 号試験片の熱処理は硝酸塩+亜硝酸塩浴中で行なった。溶体化処理は約 250° で 2 日行ない、230° から氷水中に焼き入れた。時効は 40° の恒温

槽中で行ない、30 日後に取り出して室温でテストした。試料の形はかなり大きいので 2 回に分けて熱処理を実施したが、焼入直後引張試験を行なったグループでは溶体化処理中 285°~290° の過熱を行なってしまったので、その悪影響が実験結果にも明瞭に現われている。

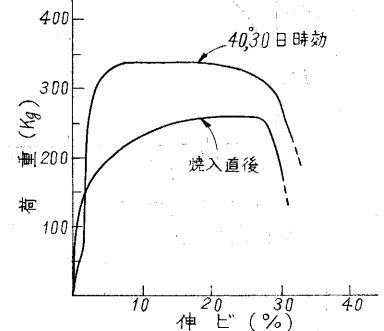
(3) 引張試験結果 試験機は 1 ton のオルゼン型を使用し、変形速度は一定で約 3.3 mm/min であった。

荷重-変形曲線は第 1 図~第 12 図に示し、その引張強さ、伸び、カタサは第 1 表と第 2 表に示した。

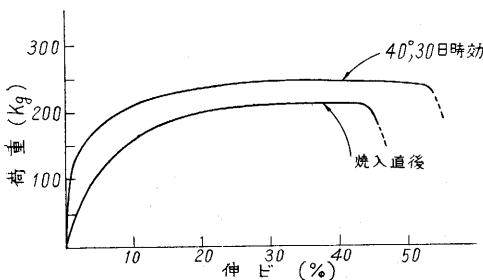
(a) 純 2 元素系の Pb-1% Sb 合金の荷重-変形曲線は第 1 図に示した。これを見ると 40°、30 日の時効でその加工硬化傾向がやや大きく現われていることがわかる。強さは第 1 表と第 2 表の比較で 1.82 kg/mm² より 2.05 kg/mm² と僅かに増加しているが、カタサは -44 から -43 とほとんど変化を示していない。時効硬化曲線でもこの段階ではほとんど変化のない結果が得られている⁽¹⁾。しかし荷重-変形曲線の立上がりは、むしろ変形に



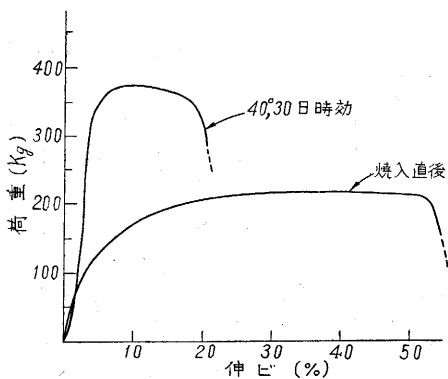
第 3 図 Pb-1% Sb-0.02% As 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純



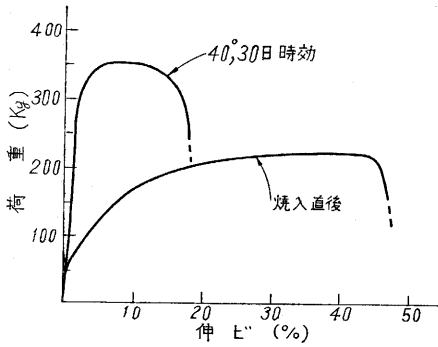
第 4 図 Pb-1% Sb-0.02% Ag 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純



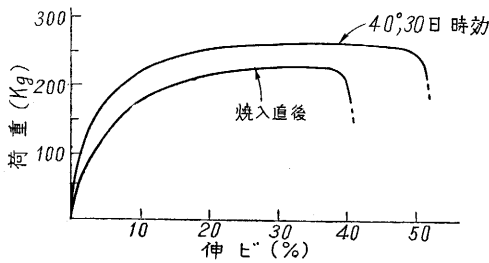
第 1 図 Pb-1% Sb 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999%



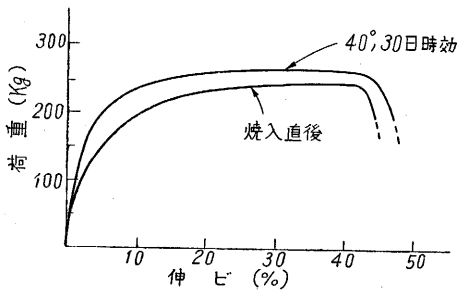
第 2 図 Pb-1% Sb 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 市販純度 99.7% 程度 As 0.15% を含む



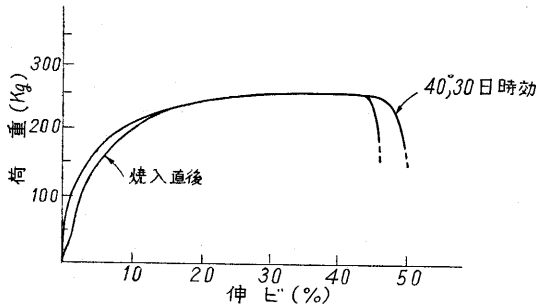
第5図 Pb-1% Sb-0.1% Cd 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純



第6図 Pb-1% Sb-0.02% Cu 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純

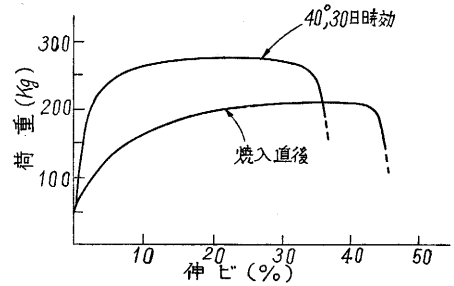


第7図 Pb-1% Sb-0.02% Ge 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純

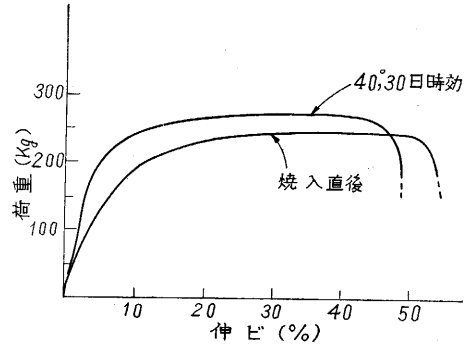


第8図 Pb-1% Sb-0.02% Te 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純

対するなんらかの抵抗因子が内部的に起こっていることを示している。伸ビは焼入れ直後の試料の方が反対に小さくなっているがこれは過熱により結晶が粗大化したた

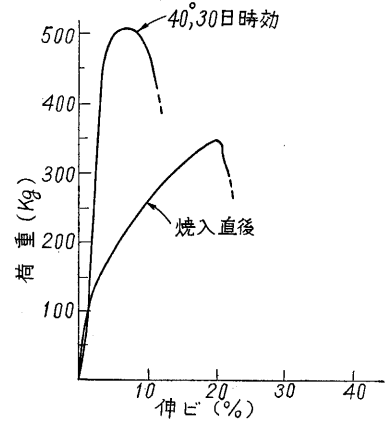


第9図 Pb-1% Sb-0.1% In 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純



第10図 Pb-1% Sb-0.1% In 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 市販純度 0.15% As を含む

めである。この結晶の粗大化も多少は加工硬化を減退させる方向に働いているであろう。他方市販純度アンチモンを使用した Pb-1% Sb 合金では第2図のように時効による

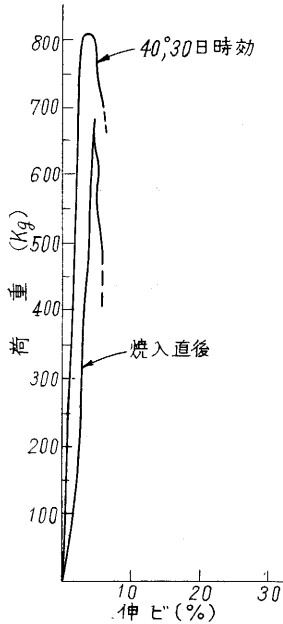


第11図 Pb-2% Sb 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純

変化が非常に大きい。引張強さは増加し、伸ビは大きく低下している。焼入れ直後では高純系とほとんど差はない。この大きな変化の原因はアンチモン中に 0.15% 含まれている As が 1% Sb 合金としては 0.0015% だけ不純物として入るゆえ、これが最も大きい原因であることは前報⁽¹⁾で述べた通りである。

(b) Pb-Sb 合金の時効を促進する作用の強い As, Ag, Cd の影響を見ると第3図~第5図に示したように時効による変化は著しい。特に As の作用の著しいこと

が目立つ。焼入れ直後の曲線を見ると As と Ag ではだいたい類似の傾斜を示しているが Cd の場合だけは高純系と類似し傾斜が小さい。このことは As, Ag, Cd は結果として同様に Pb-Sb 系の時効は促進していても、



第 12 図 Pb-2% Sb-0.02% As 合金 Stress-Strain 曲線
Sb: 99.999% 高純

かに示された通りである。

全体として焼入れ直後の試料に伸びの低下が現われているが、これは熱処理中の過熱に原因する。

(d) 微量の In の特殊な作用については InAs の形成による As の無作用化の結果と説明⁽¹⁾したがこの傾向は第 9 図と第 1 図の比較、および第 10 図と第 2 図の比較によって明瞭である。In を高純系に添加すると僅かに時効の促進傾向を認めるが、市販純度アンチモンを使用した Pb-1%Sb 合金に添加すると、約 0.0015% の As の促進作用が全く消失すると同時に In の僅かの作用も消える。この結果も時効硬化曲線、電気抵抗変化曲線⁽¹⁾の傾向と完全に一致する。

(e) 次に Pb-2%Sb 合金の場合につき 1 例を示すと第 11 図～第 12 図のような結果となる。高純系でもかなりの変化を示しているが、0.02%As の添加でその変化の著しさが明瞭に示されている。40^o, 30 日の時効はかなり過時効の進行した状態を示すが、As の影響の程度は焼入れ後 2 日程度で比較すると、さらに明瞭となる

As, Ag はそれぞれ単独の形で “prior-precipitation” を行なって影響するのに対し、Pb によく固溶する Cd は CdSb 化合物の形で関係する本質的な差異にもとづくものと考えたい。

(c) Pb-Sb 合金の時効にはあまり関係ないか、反対に押える方向に働く Cu, Te, Ge の影響は第 6 図～第 8 図に示した。

その影響の極めて小さいことは明瞭である。特に Te においては特にその傾向が強い。このことは時効硬化曲線、電気抵抗変化曲線⁽¹⁾においても明らか

第 1 表 Pb-Sb 合金の 230^oC 焼入 (氷水中) 直後の機械的性質*

試料	引張強サ (kg/mm ²)	伸ビ (%)	↑カタサ
Pb-1%Sb	1.82	49.1	-44
Pb-1%Sb (Sb 市販純度)	1.93	59.6	-50
Pb-1%Sb-0.02%As	2.49	**30.8	-1
Pb-1%Sb-0.02%Ag	2.09	35.6	-11
Pb-1%Sb-0.1%Cd	1.99	49.2	-42
Pb-1%Sb-0.02%Cu	1.95	40.8	-42
Pb-1%Sb-0.02%Ge	1.85	**37.0	-40
Pb-1%Sb-0.02%Te	1.84	42.6	-47
Pb-1%Sb-0.1%In	1.87	47.0	-50
Pb-1%Sb(Sb 市販純度)-0.1%In	1.89	59.0	-47
Pb-2%Sb	2.76	***20.8	-32
Pb-2%Sb-0.02%As	5.78	*** 2.8	+ 2

* 溶体化処理中約 285^oC まで過熱したので全体に結晶粒の粗大化を起こしていた。したがって伸びが全体的に小さい。

** 標点外切断

*** Sb 2% の試料は過熱のため粒間脆性を示した。

† ロックエルカタサ: 荷重 30 kg, 1/8 in 鋼球, 荷重時間 30 秒

第 2 表 Pb-Sb 合金の 230^oC 焼入 (氷水中) 後 40^oC, 30 日時効後の機械的性質

試料	引張強サ (kg/mm ²)	伸ビ (%)	カタサ
Pb-1%Sb	2.05	65.6	-43
Pb-1%Sb (Sb 市販純度)	3.39	26.4	+40
Pb-1%Sb-0.02%As	4.56	12.0	+58
Pb-1%Sb-0.02%Ag	2.75	39.2	+25
Pb-1%Sb-0.1%Cd	3.27	22.4	+38
Pb-1%Sb-0.02%Cu	2.34	57.0	
Pb-1%Sb-0.02%Ge	2.15	54.0	-32
Pb-1%Sb-0.02%Te	2.13	44.9	-47
Pb-1%Sb-0.1%In	2.23	44.5	-12
Pb-1%Sb(Sb 市販純度)-0.1%In	2.25	56.0	-19
Pb-2%Sb	3.98	15.6	+48
Pb-2%Sb-0.02%As	6.49	7.8	+83

備考 厚さ 4~5 mm の板材を 5 号試験片に機械仕上げを行ない使用した。

試験機: 1 ton オルゼン引張試験機
変形速度 ≒ 3.3 mm/min

5. 2%Sb 合金では焼入れ直後の試料の伸びが極端に小さいが、これは過熱による “burning” の現象で粒界ゼイ性を起こしたためである。比較データとしては適当でない。(1960. 6. 30)

文 献

- (1) 東京大学生産技術研究所報告, Vol. 9, No. 2, 1960