

ケーブル鉛被用合金の機械的特性

Mechanical Characteristics of Various Lead Alloys for Cable Sheathing

山路 賢吉* 大内 敬次*

Kenkichi Yamaji,

Keiji Ouchi

内 容 梗 概

ケーブル鉛被用合金に望ましい機械的性質としては、耐クリープ性、耐疲労性、機械的強度などの良好なことがあげられるが、本研究ではケーブル鉛被用合金の普通の機械的性質を調べた。供試材としては鉛に対し固溶限が少なくその共晶組成が著しく鉛側に近づく添加元素すなわちテルル、銅、亜鉛などを含む二元または三元系鉛合金を用い、比較用合金として従来より使用されている合金やケーブル鉛被用合金として新しく登場してきた合金を選んだ。実験としては常温ならびに70°Cにおける引張試験、焼鈍による結晶粒度、硬さの変化、加工材のくり返し曲げ試験などを行った。

得られた結果を要約すると次のようになる。

- (1) Pb—Te, Pb—Cu, Pb—Zn 各二元系合金においてすべて共晶組織による加工硬化が認められるが、この傾向は Pb—Te 合金の場合が最も著しく、また本合金を200°C×1時間焼鈍しても結晶粒はあまり成長しない。
- (2) Pb—Te 合金に Cu を添加すると、その引張強さ、硬さを若干低下させるが、伸び、くり返し曲げ強さは著しい増加を示す。
- (3) 本供試合金中最も良好な結果を示した Pb—0.067% Te—0.06% Sn—0.065% Cu 合金は、いわゆる“Tellurium Lead”や“F—3”合金と比べて同等の機械的性質を示す。

1. 緒 言

ケーブル被覆用として鉛が用いられるのは、その耐蝕性が良好であり柔軟性に富むためであるが、その反面機械的強度が弱く、耐疲労性、耐クリープ性が十分でないため、これが原因となつてケーブルを破壊することが多い⁽¹⁾⁽²⁾。したがって鉛よりも機械的に強く、しかも柔軟性を失わない材料が望まれ、近年多くの鉛合金が発達した^{(3)~(6)}。すなわちケーブル被覆用鉛合金としては、製造の容易なこと、コストがなるべく安いこと、耐蝕性の良好なこと、時効硬化や自己焼鈍に対して安定なことなどが要求されるとともに次に述べるような機械的強度の良好なことが切望されている。

1.1 ゆつくりしたくり返し曲げ疲労に対する抵抗性

日常の負荷変動によるケーブルの伸縮のためマンホールまたはケーブルの局部にひずみが集中する。この現象のくり返しにより鉛被は疲労破断することがある^{(7)~(9)}。

1.2 内圧に対する耐クリープ性、耐破裂性

OF ケーブルやガス圧ケーブルでは常時鉛被に内圧が加わっている。また高低差の大きいところに布設されたケーブルではその低部に油の流下による内圧が加わる。これらの内圧により鉛被はクリープしたり、その圧力が急に大きくなつたときには破裂する恐れがある⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

1.3 摩擦に対する抵抗性

ケーブルをダクト内に設置するときまたはダクト内で

ケーブルが動くとき摩擦により損傷を受ける。

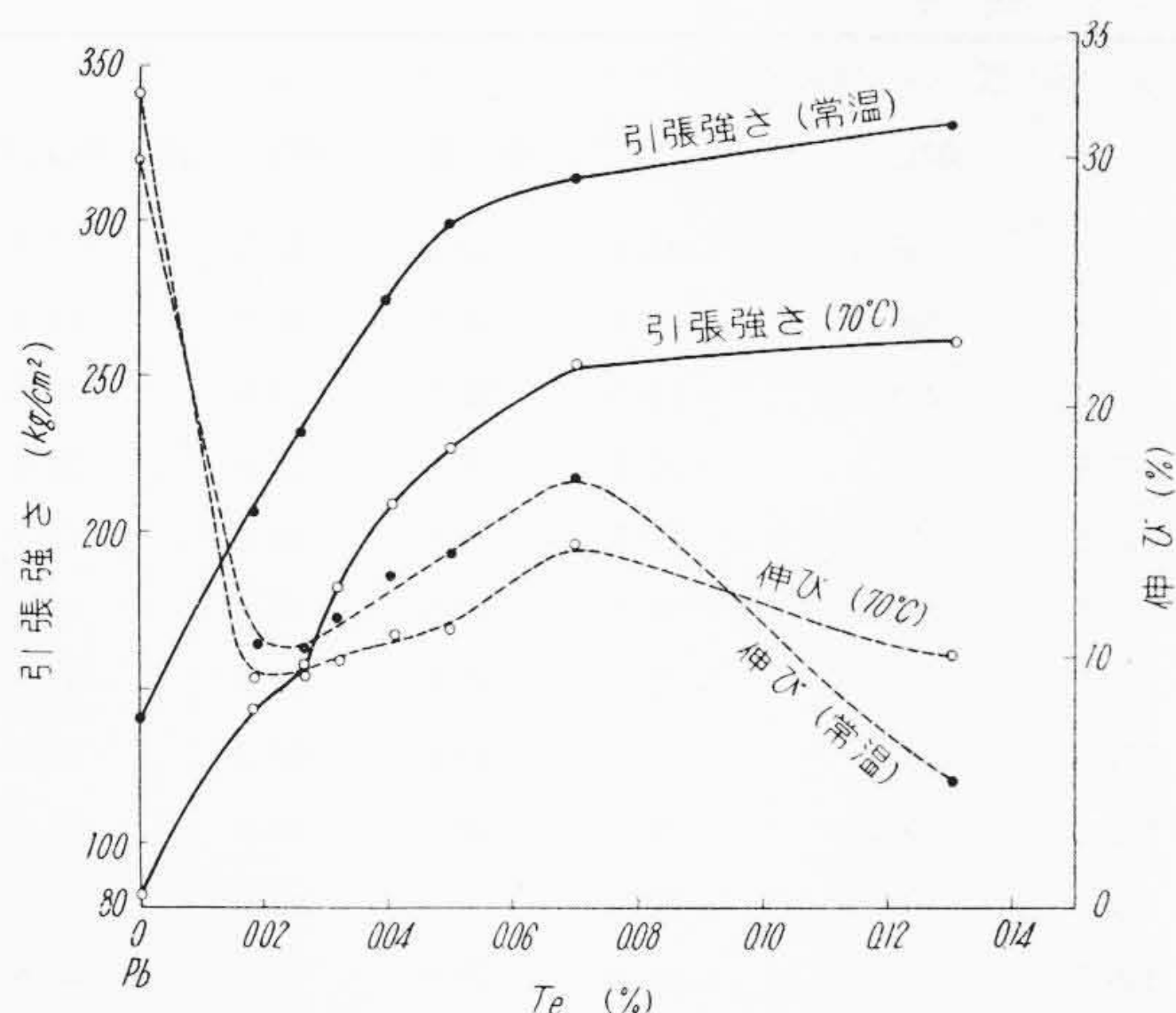
1.4 耐振動疲労性

ケーブル鉛被はケーブル運搬中のみならず架設または埋設後も種々の原因によつて振動を受ける。特に鉄道の鉄橋に沿つて架設されたもの、交通ひんぱんな市街地に架設埋設されたもの、船舶などに配線されるもの、架空ケーブルなどでは、振動による疲労のため鉛被に亀裂が入ることがある^{(12)~(14)}。

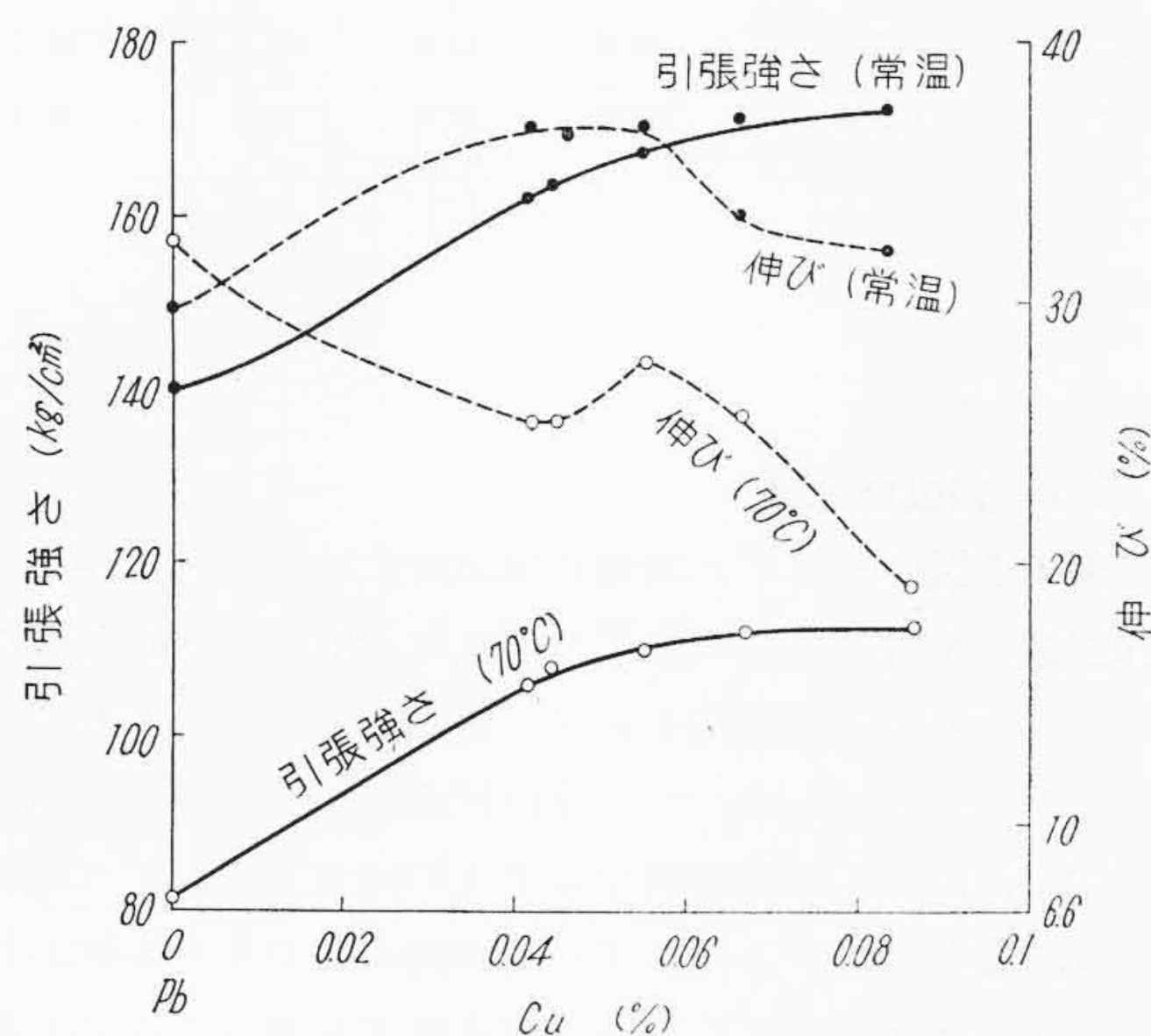
以上述べたケーブル鉛被として望ましい機械的性質を満足する鉛合金を見出すためには長期にわたる研究が必要であるとともに、発表されたデータの相関性を求めること、およびその金相学的究明が特に重要である。しかしながらこの研究成果はまだ十分ではなく今後にもっとところぎわめて多い。すなわちケーブル鉛被用合金として発表されている三元系または四元系合金の金相学的解釈もほとんどなされておらず、耐クリープ性、耐疲労性の究明に重要な役割を演ずる結晶粒界の挙動についても、もつと実験的、理論的研究が必要である。

われわれの貧弱な知識から推論すると、鉛に対し固溶度は少ないが、温度による固溶度の変化が大きい（析出硬化性を意味する）。元素との合金たとえば Pb—Ca 系、Pb—As 系を基とする合金は耐クリープ性、耐疲労性ともにすぐれているようである。特に包晶反応を形成する（結晶微細化に効果的である）前者の性能はすばらしい。最も Pb—Ca 系合金は押出しが困難であり時効硬化性が著しいので実用化されていないことを付言する。また鉛と共晶を形成ししかもその共晶組成が著しく（鉛側に

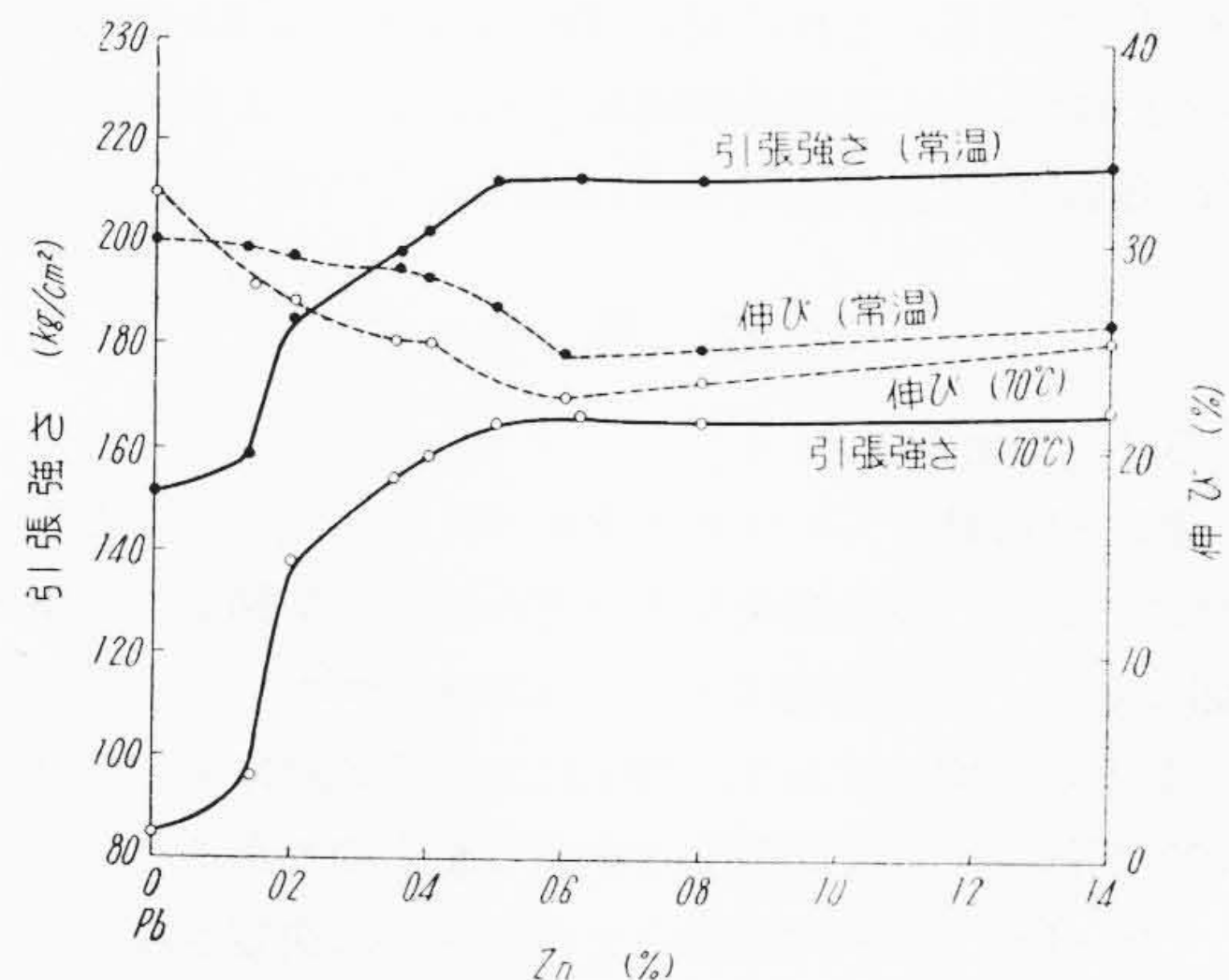
* 日立電線株式会社電線工場



第1図 Pb—Te 二元系合金の機械的性質



第2図 Pb—Cu 二元系合金の機械的性質



第3図 Pb—Zn 二元系合金の機械的性質

近づく元素との合金たとえば Pb—Cu系, Pb—Te 系, Pb—Zn 系を基とする合金も耐疲労性がすぐれている。われわれも従来からケーブル鉛被用合金について一連の研究^{(15)~(18)}を行つて金相学的解釈のためのデータを集積を計つてゐるが、今回はこれに続いて Pb—Te 系, Pb—Cu 系, Pb—Zn 系ならびに Pb—As 系などを基とする合金につき一般の機械的特性すなわち引張強さ, 伸び, 硬さなどの温度による変化の比較ならびにくり返し曲げ試験結果の比較などを行つた。

2. 試料および顕微鏡組織

2.1 試料

供試鉛は、日本標準規格第1種鉛に相当するもので純度は 99.98% で一般にケーブル鉛被用として使用されているものである。添加元素もまたできるだけ最純なものをを用いた。Te, Cu, Sb および As はそれぞれ Pb—1% Te, Pb—0.98% Cu, Pb—11.3% Sb および Pb—1% As の母合金を使用し、そのほかの添加元素はすべて単味で用いた。

試料の熔解にはエレマ炉を使用し黒鉛るつぽを用い

第1表 Pb—Zn—Cu 三元系合金の機械的性質

試番	分析結果(%)		引張強さ(kg/cm ²)			伸 び(%)			硬**
	Zn	Cu	常温	70°C	低下率* (%)	常温	70°C	低下率* (%)	
01	0.37	0.036	200	150	25.0	31.0	22.0	30.0	7.0
02	0.48	—	211.6	161.2	23.9	24.4	17.0	30.3	7.1
03	0.49	0.045	208.5	156.4	25.0	27.0	18.8	30.4	7.1
04	0.53	0.012	209	159.7	23.6	24.0	19.5	18.5	7.2
05	0.55	0.029	208	153.6	26.2	21.0	17.1	18.1	7.3
06	0.55	0.039	209	155.2	25.7	26.4	17.2	34.8	7.3
07	0.68	0.014	208	152.4	26.8	26.2	18.6	29.0	7.3

注：* 低下率 = $\frac{A_0 - A}{A_0} \times 100(\%)$

ただし A_0 : 常温における値

A : 70°Cにおける値

** 加工材

第2表 Pb—Te—Cu—三元系合金の機械的性質

試番	分析結果(%)		引張強さ(kg/cm ²)			伸 び(%)		
	Te	Cu	常温	70°C	低下率* (%)	常温	70°C	低下率* (%)
101	0.088	0.029	271.6	227.6	16.2	22.6	15.5	31.0
102	0.092	0.035	273.2	219.2	19.8	22.0	18.5	20.5
103	0.081	0.053	267.4	220.4	17.6	38.0	24.0	37.0
104	0.085	0.081	252.1	199.1	22.0	43.5	31.0	28.0
105	0.085	0.094	249.3	204.3	18.1	44.0	33.2	24.5

注：* 低下率 = $\frac{A_0 - A}{A_0} \times 100(\%)$

ただし A_0 : 常温における値

A : 70°Cにおける値

第3表 各種比較用合金の機械的性質

試 番	分 析 結 果 (%)						引 張 強 さ (kg/cm ²)			伸 び (%)		
	Te	Sn	Bi	Cu	As	Sb	常 温	70°C	低下率(%)*	常 温	70°C	低下率(%)*
0	—	—	—	—	—	—	139.4	85.3	49.3	30.0	32.3	+7.6
1	0.050	—	—	—	—	—	298.1	226.3	24.2	14.1	11.0	21.9
2	0.069	—	—	—	—	—	312.3	251.4	19.5	17.3	14.6	15.6
3	0.052	0.09	—	—	—	—	295.6	228.2	22.8	15.0	10.0	30.0
4	0.069	0.14	—	—	—	—	300.0	239.2	20.5	24.1	14.2	41.2
5	0.049	0.08	0.11	—	—	—	290.2	220.1	24.1	19.5	10.0	48.2
6	0.069	0.09	0.11	—	—	—	305.1	235.3	22.8	21.0	12.5	42.8
11	0.043	0.06	—	0.065	—	—	264.3	181.6	31.0	40.0	28.5	28.8
12	0.064	—	—	0.065	—	—	270.5	190.9	28.7	39.5	29.0	26.6
13	0.067	0.06	—	0.065	—	—	281.3	199.6	28.8	40.0	25.0	35.6
21	0.062	0.08	0.098	—	0.17	—	240.9	180.2	25.5	38.0	26.4	30.6
22	—	0.12	0.072	—	0.20	—	239.6	170.1	28.8	40.1	24.7	34.6
23	—	2.45	—	—	—	—	245.6	162.2	33.4	45.9	48.5	+5.6
31	—	—	—	0.060	—	1.03	251.1	164.5	34.5	41.6	26.4	36.2
32	—	0.80	—	—	—	0.57	267.4	177.2	33.8	43.2	28.5	34.1
33	—	1.40	—	—	—	0.32	242.3	172.0	29.2	45.0	30.0	33.3

注：* 低下率 = $\frac{A_0 - A}{A_0} \times 100(\%)$

ただし A_0 : 常温における値
 A : 70°Cにおける値

た。この際被覆剤，溶剤は全然使用せず，铸造温度はすべて 450°Cとし 20mm×50mm×150mm の 100°C に予熱した金型に铸造した。铸塊をロールにより加工して 1 mm 厚の板材とし（加工度95%）これより幅 12mm，標点距離 50mm の引張試験片ならびに幅 12mm，長さ 140 mm のくり返し曲げ試験片および 10mm×10mm の硬さ試験片を打ち抜いた。以下の文中で加工材としてあるのは，これら試験片を常温で一週間放置したものである。

供試材はその共晶組成が著しく鉛側に近づいている二元系合金すなわち Pb—Te 系，Pb—Cu 系，Pb—Zn 系，と Pb—Zn—Cu，Pb—Te—Cu 各三元系合金および各種比較用合金である。

Pb—Te 系，Pb—Cu 系および Pb—Zn 系合金組成は，それぞれ第 1，2 図および第 3 図よりわかるように共晶組成を含む Te 0~0.13% (8種)，Cu 0~0.086% (6種) および Zn 0~1.4% (9種) である。

第 1，2 表は供試 Pb—Zn—Cu ならびに Pb—Te—Cu 三元系合金の組成を示すもので，第 3 表は各種比較用合金の組成を示す。第 3 表において試番 1~13 はわれわれの実験結果から試作した合金で，試番 21 はいわゆる“Tellurium Lead Alloy”⁽⁵⁾，試番 22 は“F-3 Alloy”⁽³⁾ である。試番 23，32 および 33 は更合金⁽¹⁹⁾ に属するもので，試番 31 は米国ウエスタン・エレクトリック社の通信ケーブル用鉛被合金である。

2.2 顕微鏡組織

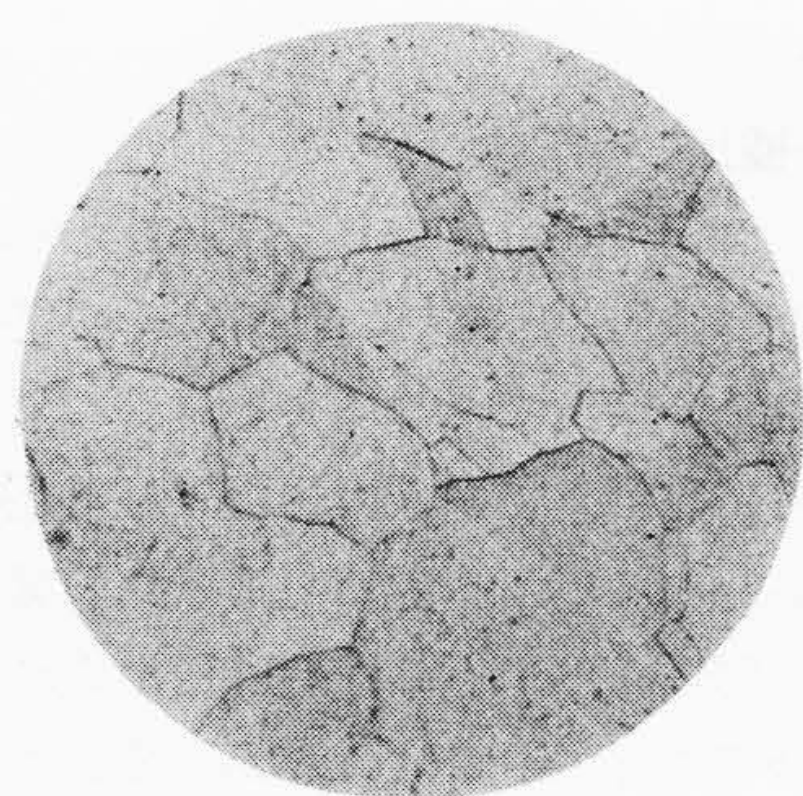
第 4，5 図はそれぞれ数種の供試材について加工後 1 週間常温に放置したものおよびこれを 200°C × 1 時間焼鈍したものの顕微鏡組織を示す。腐蝕方法はわれわれの見出した方法⁽²⁰⁾ に基いた。全供試材について調べてみると加工材に加工繊維組織を示すものは見当らず，1 週間常温に放置している間にすべて再結晶したものと思われる。焼鈍材と加工材について結晶粒度を調べてみると第 4 表および第 5 図と第 4 図の比較よりわかるように，純鉛では最も結晶粒成長が著しく，更合金がこれにつぐ結果を示した。これはわれわれが前に行つた実験結果⁽¹⁷⁾ と同じである。これに対し Te，Cu または As などを含む合金はほとんど結晶粒成長を示さないことがわかる。なお結晶粒の平均直径測定は横断法⁽²¹⁾ を用いた。

3. 引 張 強 さ

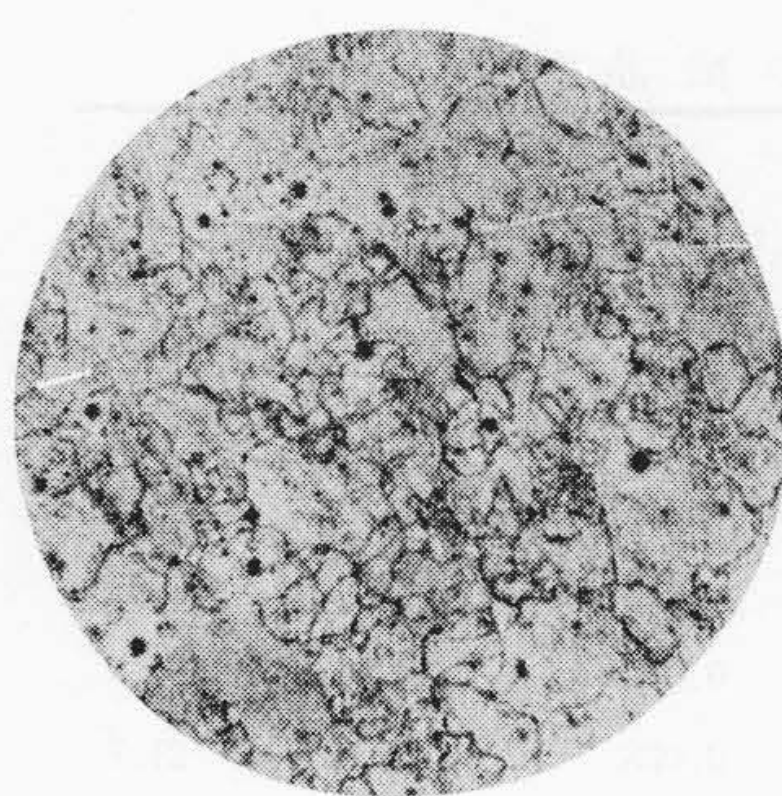
3.1 二元系合金

Pb—Te，Pb—Cu および Pb—Zn 各二元系合金の加工材についての実験結果をそれぞれ第 1，2 図および第 3 図に示す。引張速度はすべて 5.5mm/min で，示した値は 3 本の平均値であり，70°C における試験はその温度に 10 分間保持した後同温度で引張つたものである。

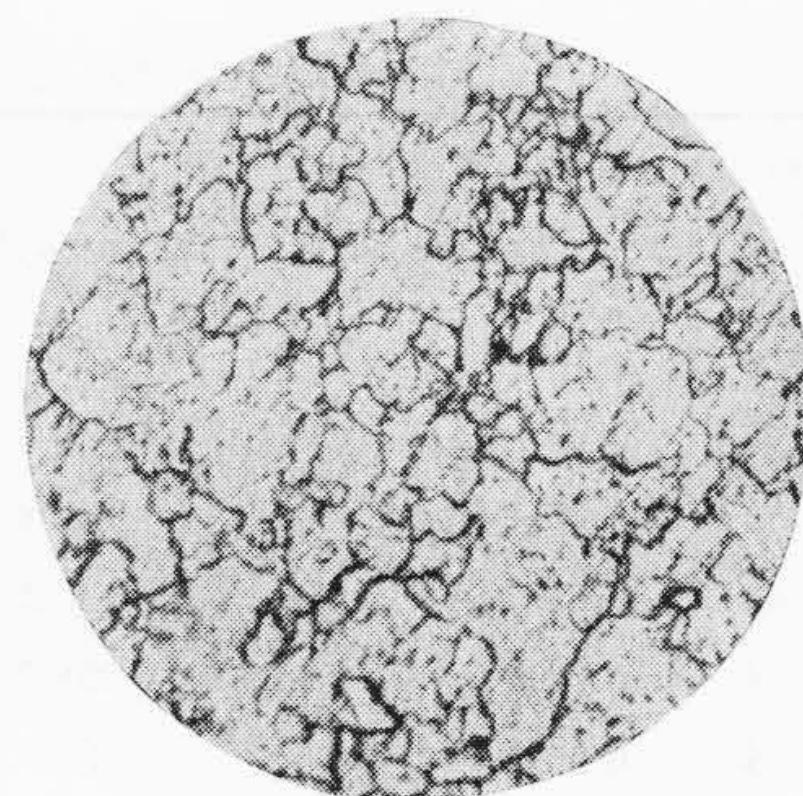
Pb—Te 二元系状態図はまだ明確には決定されていないが，文献⁽²²⁾ によれば共晶点は 0.025% Te で，300°C における Pb に対する Te の固溶度は 0.004% とされてい



試番 0 (Pb)



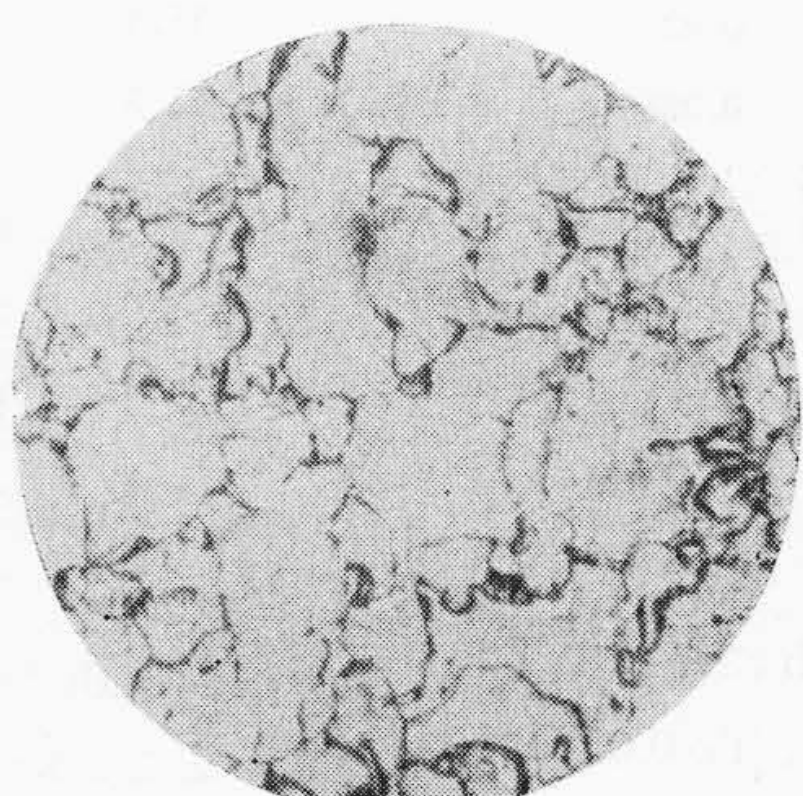
試番13(Pb—0.067%Te—0.06%
Sn—0.065%Cu)



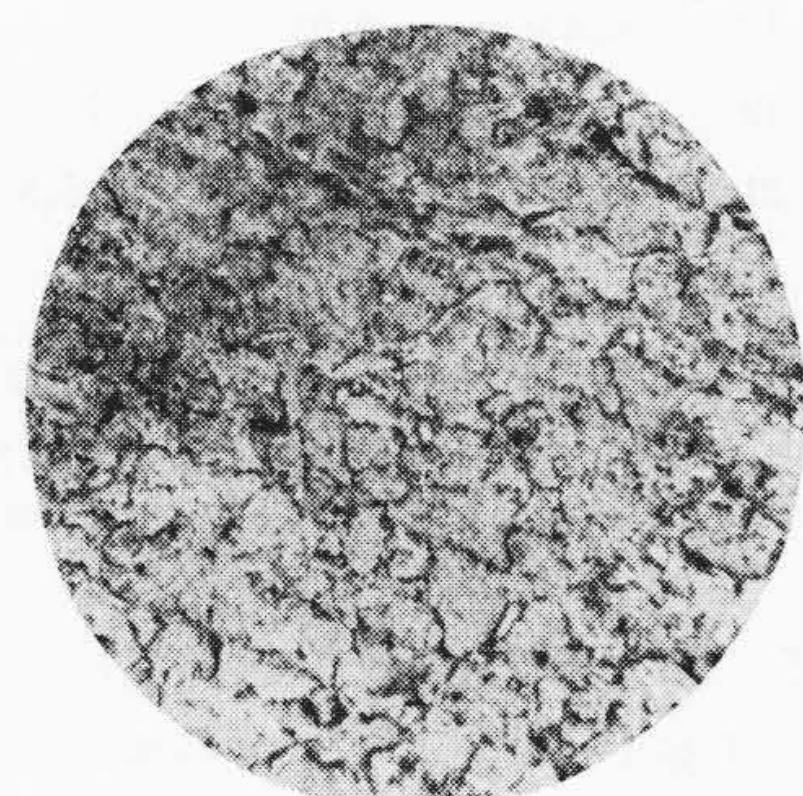
試番21 (Tellurium Lead)



試番22(F—3)

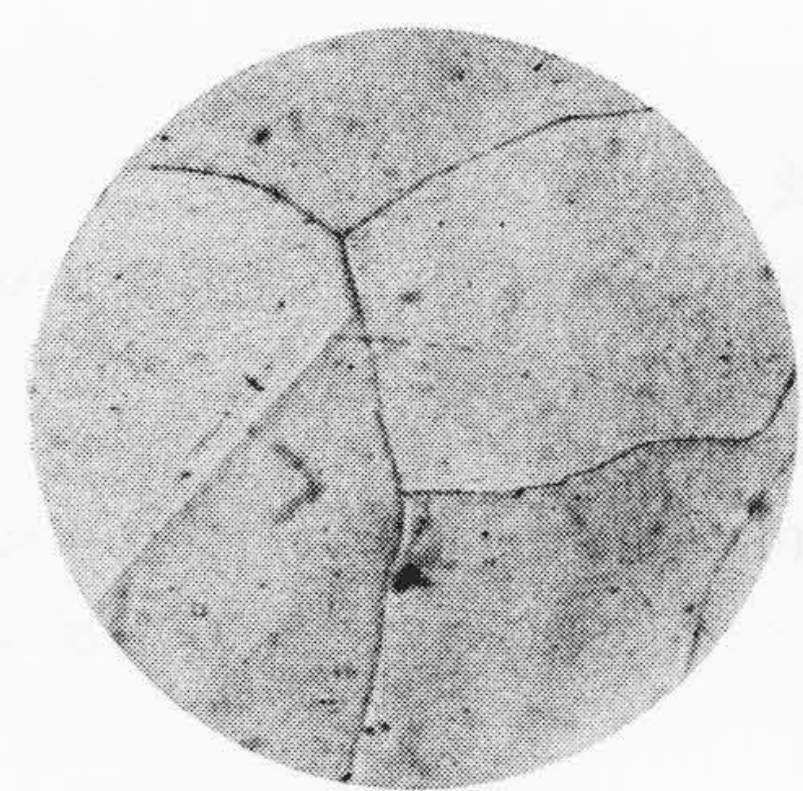


試番23(Pb—2.45%Sn)

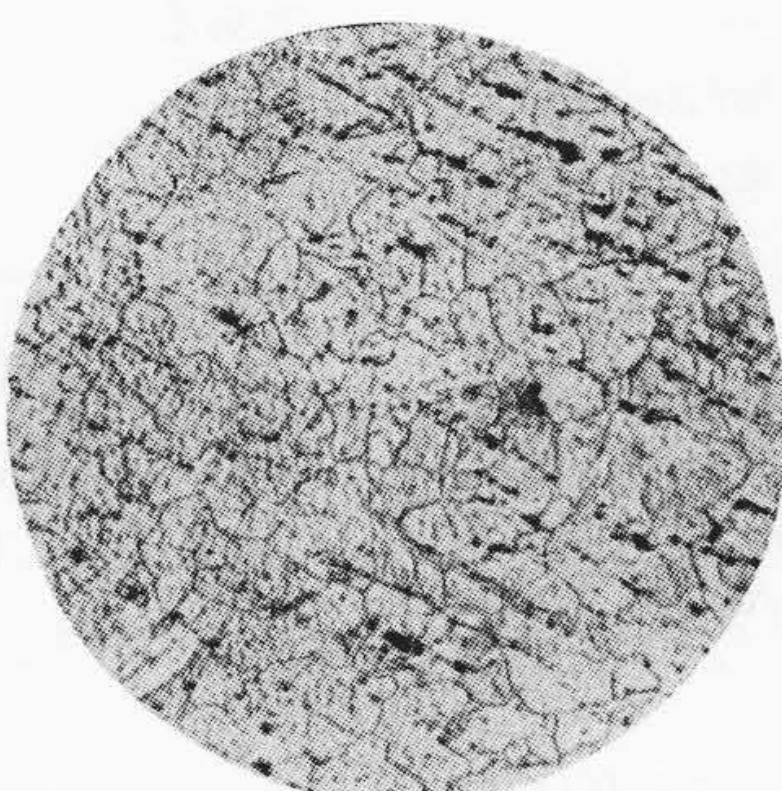


試番32(Pb—0.8%Sn—0.57%Sb)

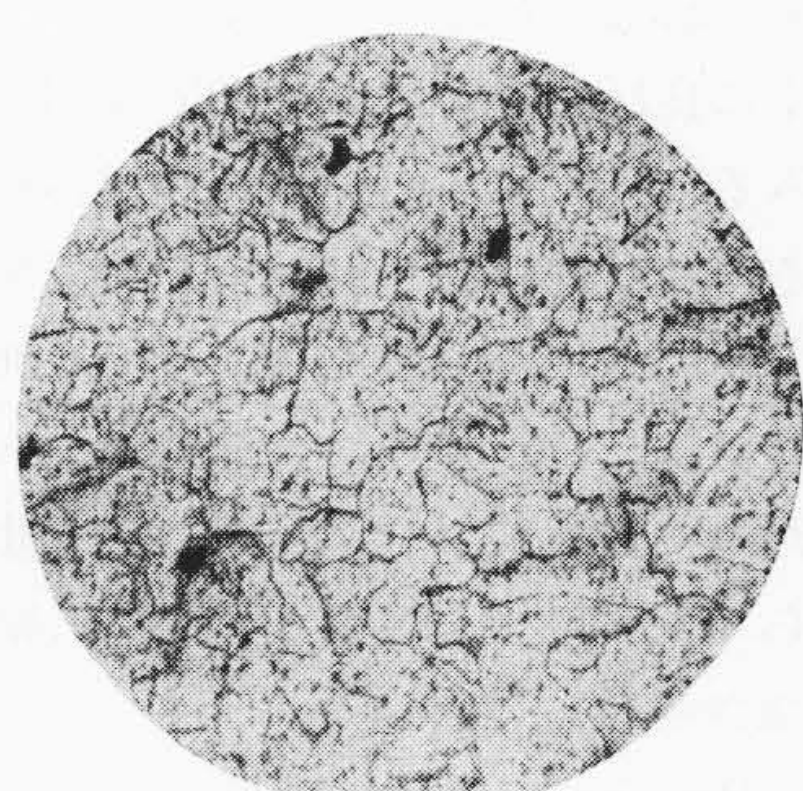
第 4 図 各種鉛合金の顕微鏡組織 (加工材) ×100



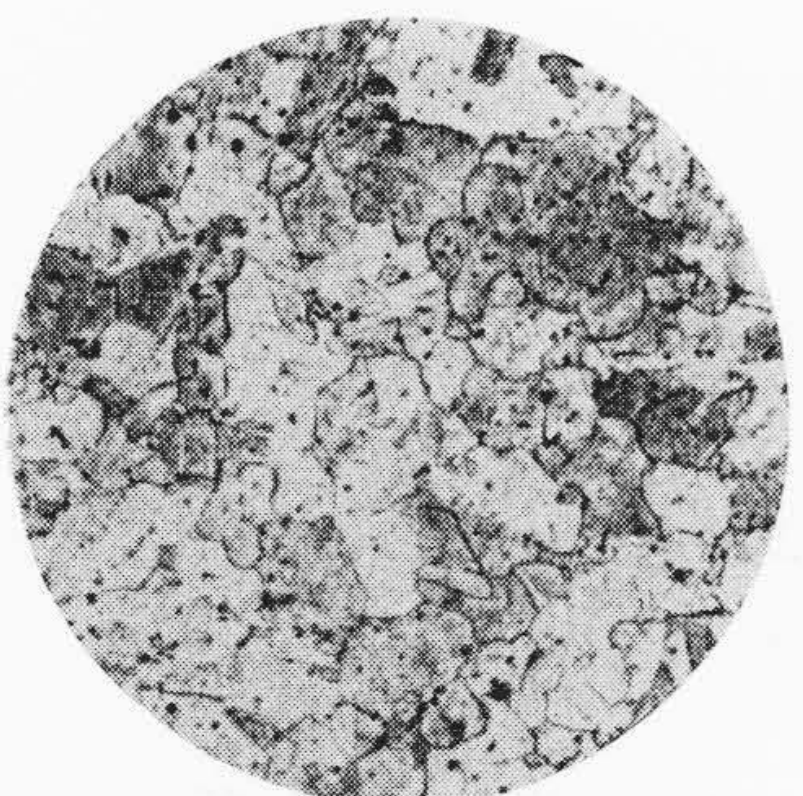
試番0(Pb)



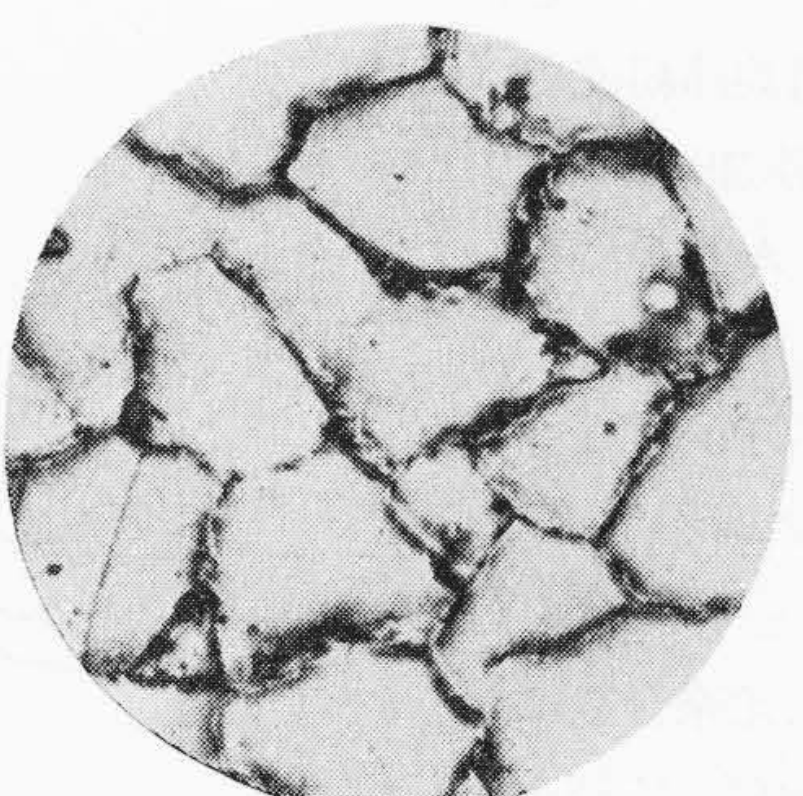
試番13(Pb—0.067%Te—0.06%
Sn—0.065%Cu)



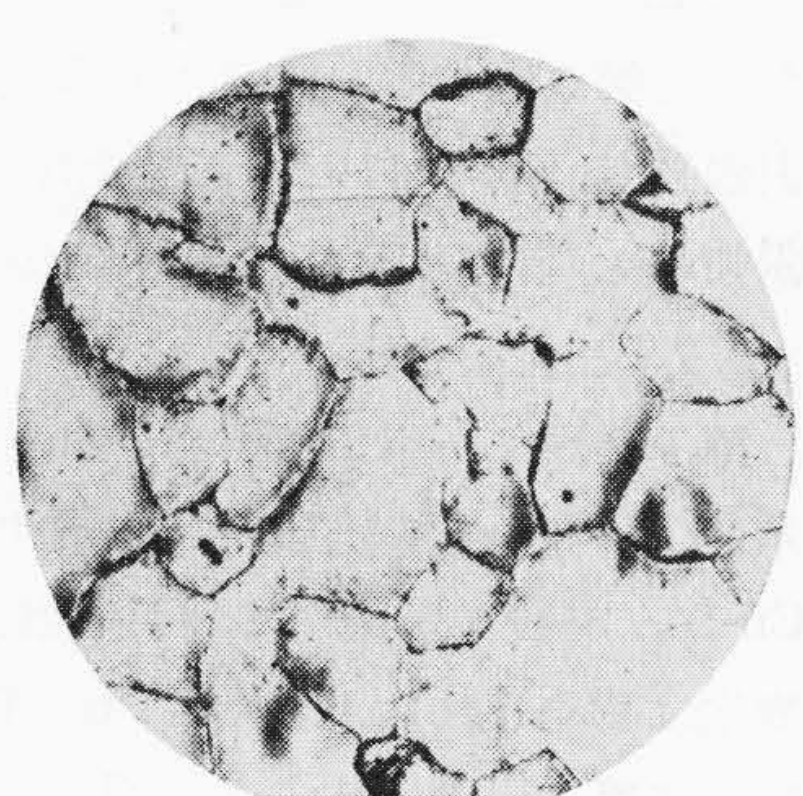
試番21(Tellurium Lead)



試番22(F—3)



試番23(Pb—2.45%Sn)



試番32(Pb—0.8%Sn—0.57%Sb)

第 5 図 各種鉛合金の顕微鏡組織 (焼鈍材) ×100

第 4 表 各種鉛合金の結晶粒度

試 番	結晶粒の平均直径(mm)			試 番	結晶粒の平均直径(mm)		
	加工材	焼鈍材*	成長率(%)**		加工材	焼鈍材*	成長率(%)**
0	0.140	1.30	830	22	0.030	0.035	16.8
1	0.031	0.037	19.4	23	0.095	0.140	47.4
2	0.027	0.032	18.5	31	0.030	0.042	40.0
3	0.033	0.039	18.2	32	0.033	0.053	60.5
4	0.029	0.035	20.7	33	0.040	0.100	250.0
5	0.051	0.060	17.7	101	0.023	0.028	21.7
6	0.029	0.034	13.8	102	0.026	0.027	3.8
11	0.032	0.039	21.8	103	0.025	0.029	16.0
12	0.030	0.037	23.2	104	0.027	0.030	11.1
13	0.031	0.037	19.3	105	0.026	0.029	11.5
21	0.031	0.033	6.5	—	—	—	—

注: * 200°C×1時間

$$** \text{成長率} = \frac{C_1 - C_0}{C_0} \times 100(\%)$$

ただし C_0 : 加工材における値
 C_1 : 焼鈍材における値

る。第 1 図に示した実験結果によれば、Pb に微量の Te を添加すると引張強さは急激に増大するが、Te 0.05% 以上ではあまり増加しない。この傾向は 70°C においても認められる。伸びは、0.02% Te 付近まで急激に低下し、これより Te が多くなると増大し 0.07% 付近で極大値を示して低下する。これと類似の傾向は 70°C の場合も認められる。したがって本系合金では、引張強さ、伸びともに良好な組成は、Te 0.05~0.07% であり、顕微鏡組織をみると 0.07% Te を含有して初めて初晶 β 相が認められるので上記組成は共晶付近のものと推定される。

Pb に対する Cu の固溶度は 0.007% 以下といわれ、共晶組成は Cu 0.06% と推定されている⁽²²⁾。第 2 図に示した本実験結果からもこのことが想像される。しかしながら Te の添加と異なり Cu の添加は鉛の硬さをあまり増加させない。

Pb—Zn 二元系状態図において、文献⁽²²⁾によれば Zn 0.5% で共晶をつくり、小野氏の研究⁽²³⁾によれば Pb に対する Zn の固溶度は 0.07% 以下と推定されている。したがって第 3 図の実験結果より本系合金は過共晶組成では引張強さ、伸びにほとんど変化なく、Zn の添加は Pb の引張強さを Te の場合ほど上昇させないことがわかった。

3.2 三元系合金

第 1, 2 表は、それぞれ Pb—Zn—Cu, Pb—Te—Cu 三元系合金についての実験結果を示す。第 1 表において Zn% Cu%, が種々変化しても引張強さ、伸びともに著しい変化は認められなかった。Pb—Te—Cu 三元系合金においては第 2 表に示すように Te をほぼ 0.08% に押えて Cu を 0.02~0.09% 変化させたところ、Cu 添加量の増加とともに引張強さは低下するが、伸びが著しく大きくな

ることがわかった。

3.3 各種比較用合金

第 3 表において試番 11~13 はわれわれの見出した合金⁽²⁵⁾で、試番 1~6 はその基礎となる合金の数例である。また試番 21, 22 は米国の特許合金で鉛被用合金として現在最良といわれているものである。なお試番 23 および 31~33 は従来一般に使用されている合金である。この表よりわかるように引張強さは Pb—0.069% Te 合金が最高を示しているが、伸びはきわめて少ない。これに Sn, Bi などを添加すると引張強さは若干低下するが、伸びはほとんど増加しない。しかしながら Pb—Te 系合金に Cu を添加すると引張強さは 10% ぐらいしか低下しないが、伸びは 2.5~3 倍ぐらい増加する。試番 11~13 の合金と試番 21, 22 の合金とを比べてみると伸びは同程度である

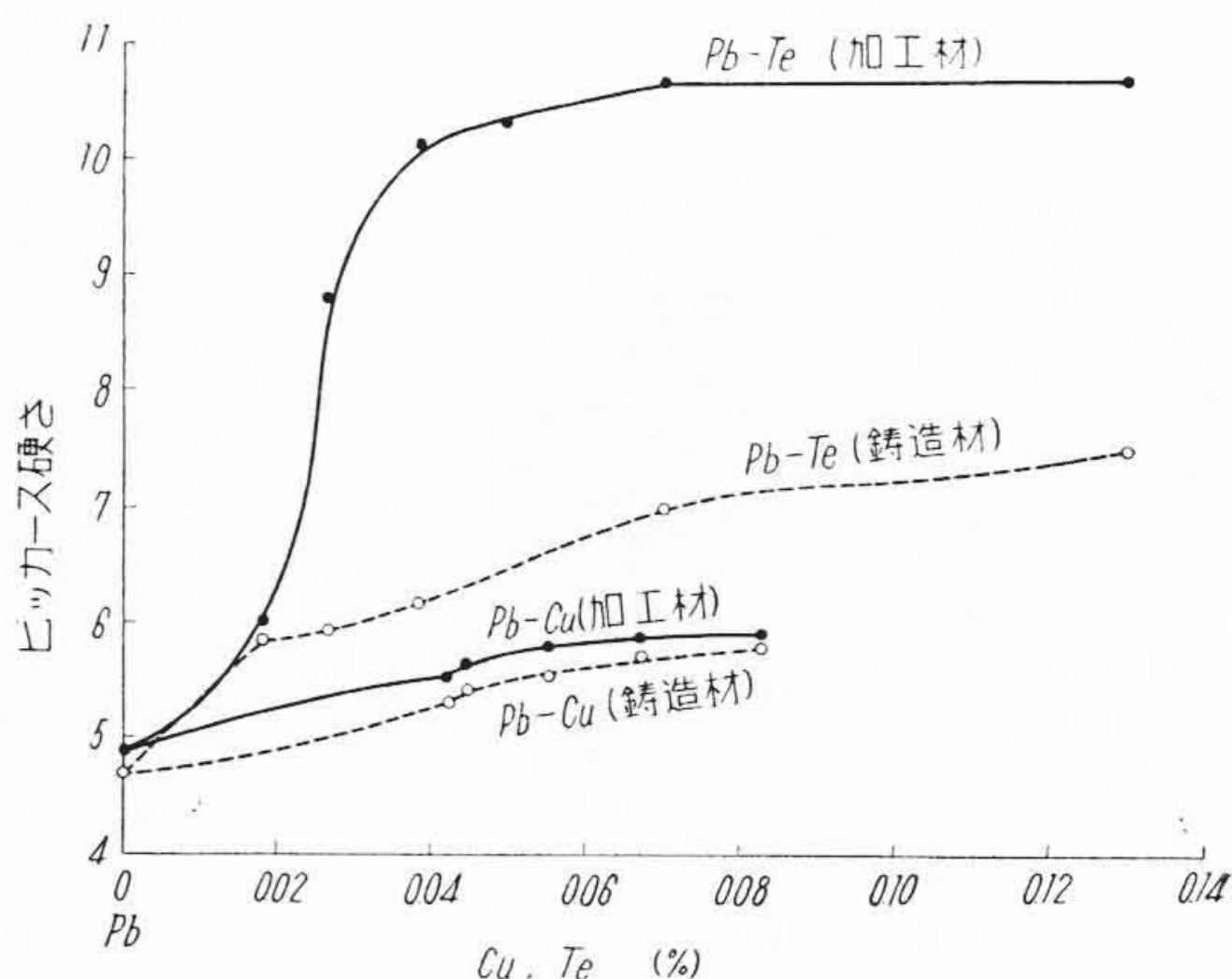
が、引張強さは前者の方が 20~40kg/cm² ぐらいすぐれていることがわかる。なお 70°C における試験結果を常温の場合と比べてみると、引張強さはすべて低下しており、伸びもまた同様の傾向を示す。ただし試番 0 (純鉛) と試番 23 (Pb—2.45% Sn) の合金のみ、70°C における伸びが常温の場合より大きい値を示すことは興味ある事実である。

4. 硬 さ

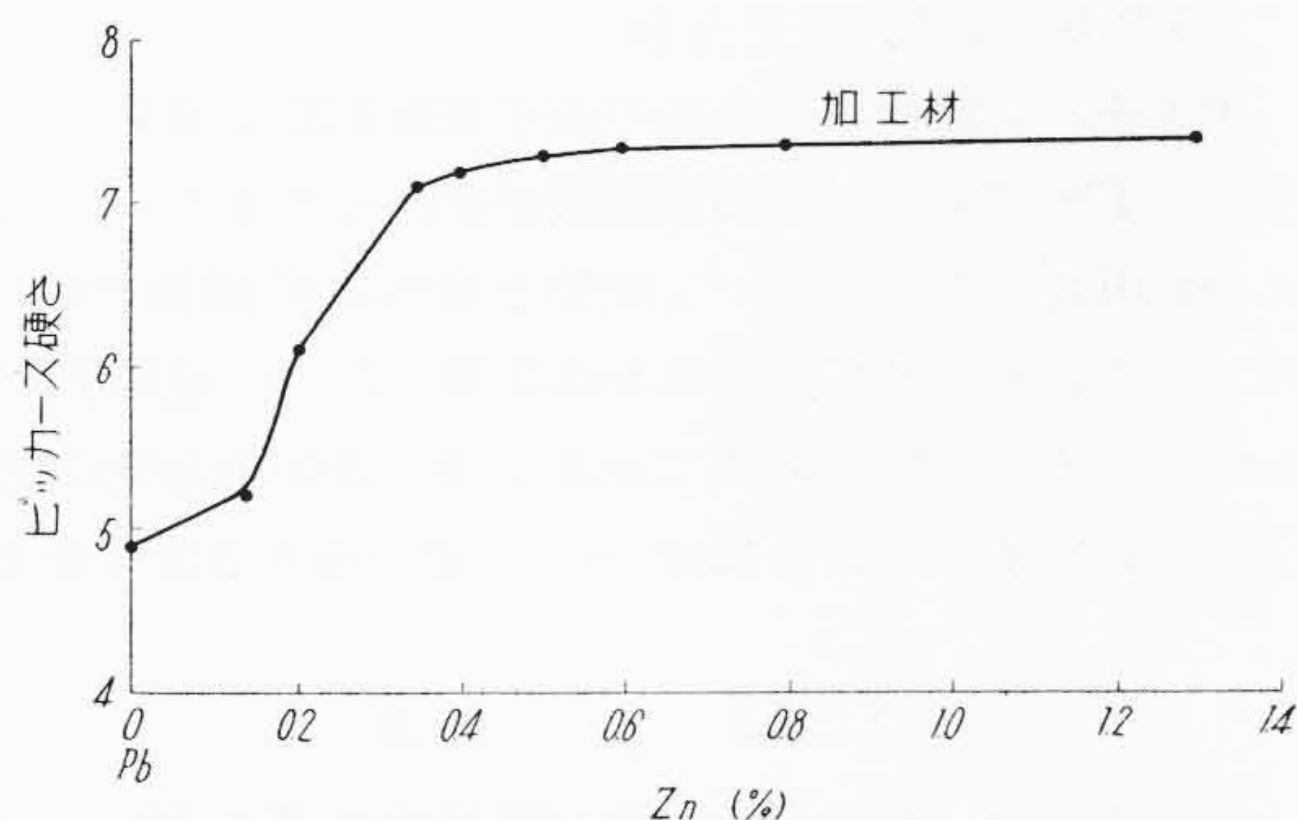
硬さ測定には明石製微小硬度計を用い、荷重は 100g 荷重保持時間 20 秒で測定を行つた。

4.1 二元系合金

第 6 図は Pb—Te, Pb—Cu 二元系合金のビッカース硬さを示す。Pb—Te 二元系合金においては、Te の添加



第 6 図 鉛の硬さに及ぼす銅、テルルの影響



第7図 鉛の硬さに及ぼす亜鉛の影響

量が0.02%以上になると著しい加工硬化を示すが、Pb—Cu 二元系合金ではこのような現象は認められない。両二元系合金の加工材についての曲線は引張強さの場合の曲線（第1，2図参照）とよく似ている。

第7図は Pb—Zn 二元系合金のビッカース硬さを示す。この場合の曲線も引張強さの場合（第3図参照）と近似しており、共晶による硬化度が大きいことがわかる。

4.2 三元系合金

第1，5表にそれぞれ Pb—Zn—Cu, Pb—Te—Cu 三元合金の硬さを併記する。Pb—Zn—Cu 三元合金において本供試組成範囲では硬さはあまり変化しないことがわかる。Pb—Te—Cu 三元合金では、Te をほぼ 0.08% と一定にした場合 Cu の添加量の増加とともに硬さは低下する傾向があり、引張強さの場合と同様である。

4.3 各種比較用合金

第5表に各種比較用合金の加工材および焼鈍材の硬さを併記する。この表よりわかるように、Pb—Te 二元系

合金（試番1, 2）は加工材の硬さが著しく大きいですが、これに Sn, Bi, Cu など添加すると硬さは低下し、たとえば試番 11～13 の合金の硬さは、試番 21, 22 で示される著名な合金とほぼ同等の値となる。また焼鈍材の値は鉛の場合を除いて全試料 6.1～6.9 である。

5. くり返し曲げ強さ

ケーブル鉛被はその使用中くり返し曲げ応力をうけるのでそれに対する強度が問題となる。したがってわれわれも各種鉛被用合金についてくり返し曲げ強さを測定した。

くり返し曲げ試験には、試片把持力、試片把持部の曲率半径、曲げ試験速度および試片に加える引張力などの諸因子が影響する。そこで予備実験によつてこれら諸因子を変化させて試験値の標準偏差の少ない方法を決定した。すなわち試験は手動によることとし（曲げ速度：0.4～0.6s/回）、試片把持力は試片が 3～5 μ しか変形しないようにした。把持部の曲率半径および加える引張力はそれぞれ 2, 3, 4mm および 400～1,600g の範囲内で種々実験を行つた結果、把持部の曲率半径(R)は 3mm 引張力(T)は 600g が鉛被用合金の場合最適条件であることを見出した。ちなみに IPCEA の鉛被用曲げ試験機⁽²⁴⁾では R=3.18mm, T=890g としている。

5.1 実験方法

第8図は使用した曲げ試験機を示す。試験方法としてはハンドルを垂直に立て、試片を下部に見えるバイス(R=3mm)にはさみ右下方に見えるねじおよび円板に取り付けてある目盛により一定の力でしめつける。次にスプリングを調節して試片に所定の引張力を加える。破断

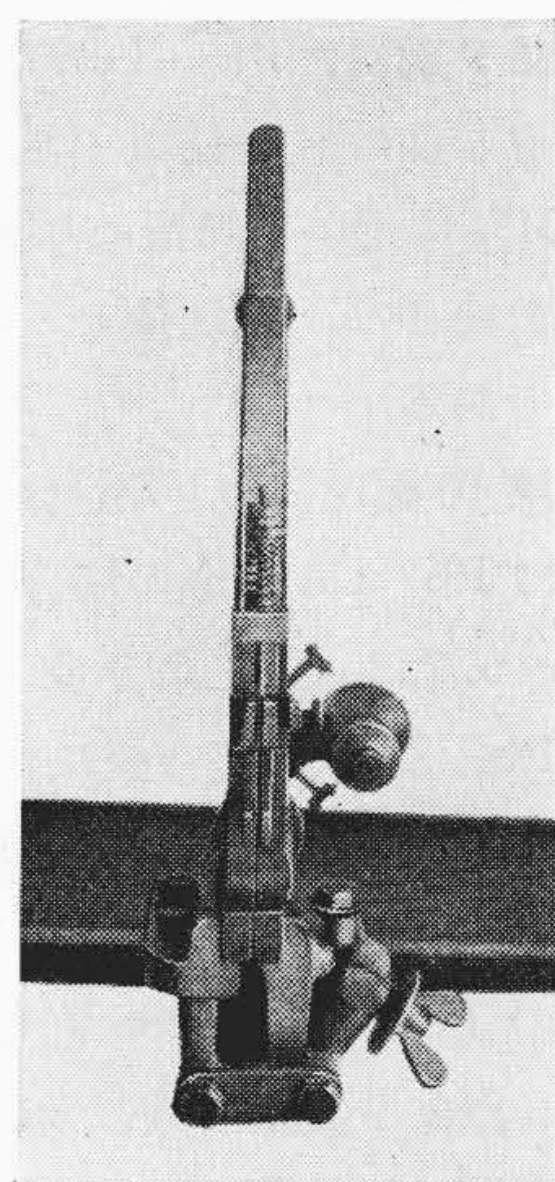
第5表 各種鉛合金の硬さおよび曲げ破断回数

試番	ビッカース硬さ			曲げ破断回数	試番	ビッカース硬さ			曲げ破断回数
	加工材	焼鈍材*	低下率** (%)			加工材	焼鈍材*	低下率** (%)	
0	4.9	4.1	16.3	65	22	7.1	6.6	7.1	67
1	10.6	6.5	38.3	27	23	7.6	6.5	14.5	62
2	10.7	6.6	37.7	27	31	7.3	6.7	8.2	63
3	7.6	6.7	11.8	30	32	7.6	6.4	15.8	62
4	7.6	6.7	11.8	28	33	7.8	6.1	21.8	66
5	8.3	6.7	19.3	32	101	8.3	6.7	14.5	60
6	7.4	6.9	6.7	30	102	8.3	6.5	16.9	62
11	7.5	6.7	10.7	62	103	7.6	6.6	13.1	56
12	7.5	6.5	13.3	56	104	7.4	6.6	10.8	56
13	7.9	6.9	12.6	61	105	7.3	6.7	8.2	54
21	7.1	6.6	7.1	61	—	—	—	—	—

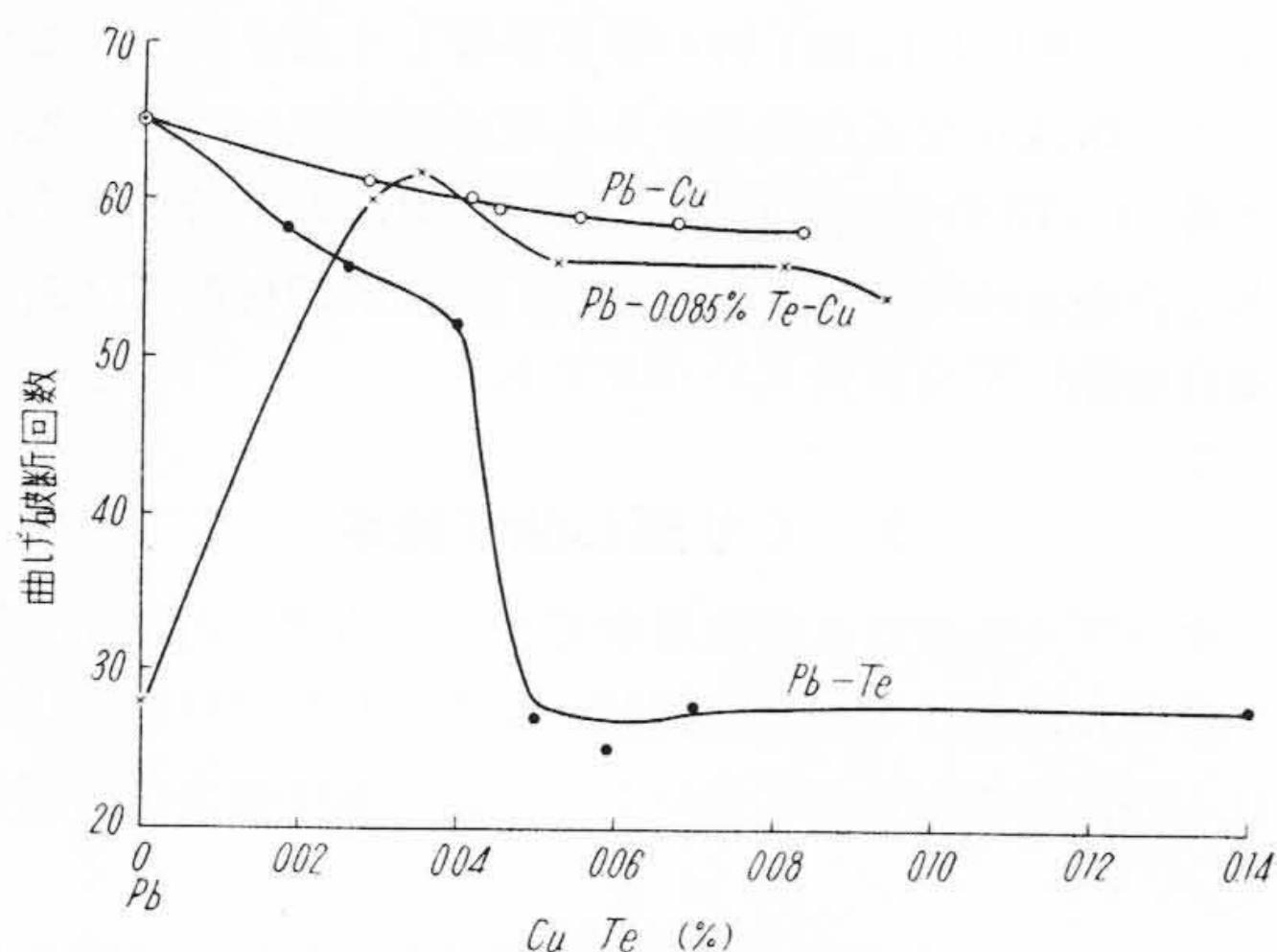
注：* 200°C×1時間焼鈍

** 低下率 = $\frac{B_0 - B}{B_0} \times 100(\%)$

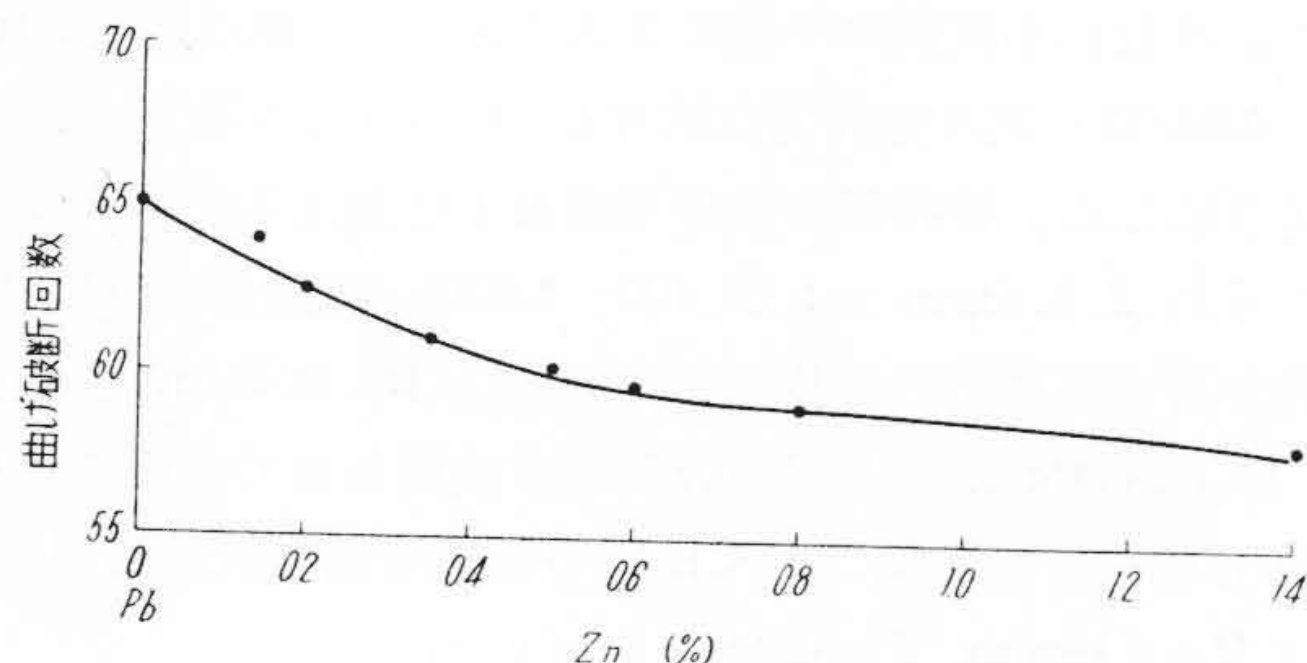
ただし B₀：加工材の値
B：焼鈍材の値



第8図 くり返し曲げ試験機



第 9 図 鉛の曲げ破断回数に及ぼす銅，テルルの影響



第 10 図 鉛の曲げ破断回数に及ぼす亜鉛の影響

するまでの試験回数の数え方は、ハンドルを一方に90度倒し(1回)次に原位置にもどし(2回)，次に反対方向に同様に曲げることとした。試験値は3本(加工材)の平均である。

5.2 実験結果

5.2.1 二元系合金

第9図は、Pb—Te および Pb—Cu 合金についてのくり返し曲げ試験結果である。Pbに Te を添加すると Te 0.04%付近から急激に破断回数が低下するが、Cu を添加した場合は、添加量とともに若干破断回数が低下するだけである。

第10図は Pb—Zn 合金についての結果で、曲線の傾向は Pb—Cu 合金の場合と似ている。

5.2.2 三元系合金

Pb—Zn—Cu 合金についての結果を第5表に併記する。この場合(試番101～105)は、54～62の破断回数を示し大体良好である。Pb—Te—Cu 合金については、供試材の Te がほぼ 0.085% であるので、便宜上 Pb—0.085% Te 合金の破断回数に及ぼす Cu の影響を強調するため第9図に示した。この図よりわかるように Pb—Te 合金の破断回数は Cu の添加により急激に増加し、Pb—Cu 合金の場合に近づいてくる。

5.2.3 各種比較用合金

第5表に各種比較用合金の曲げ破断回数を示す。この表より Pb—Te 合金の破断回数がきわめて小さく、これに Sn, Biなどを添加しても回数は増加せず、微量の Cu を添加するとその破断回数は大体2倍くらいに増加することがわかる。また試番22に示した F—3 合金はその破断回数が最も多く、試番33に示した更合金も良好である。

6. 結 言

ケーブル鉛被用合金の普通の機械的性質を調べるため、比較的耐疲労性がすぐれているといわれる Pb—Cu, Pb—Te, Pb—Zn 各二元系について引張強さ、伸び、硬さおよびくり返し曲げ試験を行つた。またこれら二元系合金を基礎として試作した Pb—Zn—Cu, Pb—Te—Cu 各三元系ならびに従来から使用されている Pb—Sn, Pb—Sn—Sb, Pb—Sb—Cu 合金、ケーブル鉛被用合金として優秀といわれている“Tellurium Lead”合金、F—3 合金などについても上記同様な試験を行つた。

得られた結果を要約すると次のようになる。

- (1) 加工材を 200°C×1 時間焼鈍すると、純鉛、更合金などは結晶粒が著しく粗大化するが、Te または As を含む合金は再結晶温度も高く、結晶粒はあまり成長しない。
- (2) Pb—Te, Pb—Cu, Pb—Zn 各二元系合金において、すべて共晶組織による加工硬化が認められる。この傾向は Pb—Te 合金の場合が最も著しい。
- (3) Pb—Zn 合金に Cu を添加してもその機械的性質はあまり変化しない。
- (4) Pb—Te 合金に Cu を添加すると、その引張強さ、硬さは若干低下するが、伸び、くり返し曲げ強さは著しく増加する。
- (5) 本供試合金中最も良好な機械的性質を示した Pb—0.067% Te—0.06% Sn—0.065% Cu 合金を鉛被用合金として有名な“Tellurium Lead”または“F—3”合金と比べてみると常温ならびに70°Cにおいて引張強さは前者が後二者よりも大きく、伸び、くり返し曲げ強さは同等であることがわかつた。

終りに本報告作成に御鞭撻をいただいた日立電線株式会社電線工場久本、山本両博士ならびに本実験に協力された第二研究課金属係の方々に深甚な謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) R. Spieser: Bull. Assoc. Suisse. Elect., 24, 544 (1933)
- (2) 高橋: 電学誌, 71, 249(昭 26)
- (3) L. F. Hickernell, C. J. Snyder: A. I. E. E. 65, 563 (1946)
- (4) L. F. Hickernell, A. A. Jones: A. I. E. E. 70, 127 (1951)

- (5) J. F. Eckell, G. B. Shanklin: A. I. E. E. 67, 294 (1954)
- (6) R. W. Atkinson, L. Meyerhoff, W. H. Cortelyon; A. I. E. E. 66, 246 (1953)
- (7) 高橋, 平野, 鈴木: 電学誌, 72, 418 (昭 27)
- (8) H. Halperin: A. I. E. E. 58, 535 (1939)
- (9) 山路, 大島, 高橋, 大和田: 日立評論, 37, 1197 (昭 30)
- (10) H. F. Moor, C. W. Dollins, W. J. Craig: Proc. A. S. T. M. 40, 904 (1940)
- (11) 山路, 大島: 日立評論, 38, 485 (昭 31)
- (12) W. Stockmeyer: Z. Metallk, 26, 93 (1934)
- (13) J. McKeown: Met. Ind., 85, 305 (1954)
- (14) W. Hofmann, R. Müller: Z. Erzberg u. Metallhüttenwesen, 7, 247 (1954)
- (15) 山路, 大島: 日立評論, 37, 635 (昭 30)
- (16) 山路, 大島: 日立評論, 37, 857 (昭 30)
- (17) 山路, 大島: 日立評論, 37, 1207 (昭 30)
- (18) 山路, 大内: 日立評論, 39, (昭 32-12)
- (19) 日本電信電話公社: 材仕, 規格13号
- (20) 山路, 大島: 日立評論, 37, 963 (昭 30)
- (21) 村上, 佐藤: 物理冶金実験法 p. 207 (昭 19-5)
- (22) ASM篇: Metals Handbook (1948)
- (23) 小野: 鉛および鉛合金, p. 76 (昭 17-3)
- (24) Cable Eng. Section, Committee on Power Distribution A. E. I. C; Spec for Impregnated-Paper-Insulated, Lead-Covered Cable, section 12. 262 (8th Edition)
- (25) 特許出願中の合金組成を含む

日立製作所社員社外講演一覧

(その2)

(第89頁より続く)

(昭和32年12月受付分)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
5. 上旬	電気四学会	搬送用通話路波器について	戸塚工場	菅田昌次郎 岡田義男
5. 上旬	電気四学会	Ye. O° カット水晶振動子の低周波輪廓振動について	戸塚工場	橘 篤 志
33. 4	日本機械学会	屈折をもつ片持梁のバネ圧力	戸塚工場	青木正義
33. 4	日本機械学会	継電器における自由度2のアーマチュア, リバウンドについて	戸塚工場	飯島一憲
5. 上旬	電気四学会	トランジスタ励振電源を用いたパラメトロンの装置について	戸塚工場	波多野泰吉
5. 上旬	電気四学会	非対称両方向増幅器について	戸塚工場	徳永迪夫
5. 上旬	電気四学会	音道直視装置	戸塚工場	西山静男
5. 上旬	電気四学会	レゾルバー補償回路の解析	戸塚工場	不破康博
5. 上旬	電気四学会	レゾルバーサーボベクトル計算回路の解析	戸塚工場	不破康博 藤原宏武
5. 上旬	電気四学会	相関型サーボアナライザーおよび測定例	戸塚工場	猪瀬武郎
5. 上旬	電気四学会	バリウムフェライト磁石を用いた平板磁気回路の吸引力	戸塚工場	二見二郎
5. 上旬	電気四学会	特に低電圧印加時のMP蓄電器の絶縁抵抗の吟味	戸塚工場	山辺知定
5. 上旬	電気四学会	磁ひずみ振動子の非直線性について	戸塚工場	芳賀正浩
5. 上旬	電気四学会	リレーアーマチュアのレバウンドについて	戸塚工場	西口 薫
5. 上旬	電気四学会	チャッタの原因について	戸塚工場	田島 興 西口 薫
5. 上旬	電気通信学会	インパルス中継用リレーのインパルス特性	戸塚工場	田島喜平太 鈴木弘也
5. 上旬	電気四学会	抵抗による接点の火花消去	戸塚工場	三谷正一
5. 上旬	電気四学会	搬送電話における1周波同時送受話方式について	戸塚工場	田島 巖 徳永迪夫
33. 2. 7~9	日本学術会議	ポリエチレン (Marlex-50) のγ線照射	中央研究所	河川合 麟次郎 前松田 俊治 原田 庸 上山 豊 阿部 善右門
12. 17	電気通信学会 日本医学会	医用電子装置の第2次調査結果の報告	中央研究所	阿部 善右門
12. 20	日本学術振興会	微量COガス検出装置試作および制御の研究 (第2報)	中央研究所	井上 実
12. 10	日刊工業新聞社	機械, 電気機器の接着について	中央研究所	福村勉郎

(第108頁へつづく)