

焼戻硬化するアルミニウム合金の研究 (II)

田邊友次郎

第二章 Al—Zn 系合金の研究

I 緒 言

アルミニウム亜鉛系合金の有用範囲のものに就ては既に第一章に述べた。今更に全系に亘つて詳細なる研究を企てた所以は次の理由によるのである。即ち (1)本系は焼入、時効及焼戻現象の多くの場合を含有し従つてこれらの現象を研究するのに好都合であること及 (2)著者が本系の研究に着手した時には従来不完全であつたこの系が Hanson & Gayler⁽³²⁾によつて著しく改訂されこれが果して正しいか否かを確むる必要があつたことのためである。

この系の研究は既に“アルミニウム亜鉛系合金の研究”⁽³³⁾と顯して發表した。故に詳しくはそれによることとして、こゝには著者の論文發表後に公にされた諸論文に就き簡単に論評を加へ最後に著者の研究の概要を述べる。

Bauer u. Heidenhain⁽³⁴⁾は砂型及金型鑄物の鑄込後の長さの收縮が Al_2Zn_3 に相當する點に極小のあること、腐蝕試験で Al_2Zn_3 の點に不連続點のあること、及軟化した鑄物の衝撃試験でも同じく Al_2Zn_3 の點に不連続點を見出しよつて Al_2Zn_3 の存在を主張してゐる。けれども何れも論據薄弱なるを免かれない。

西村氏⁽³⁵⁾はアルミニウムに富む合金の時効硬化現象を取扱ひアルミニウム中の亜鉛の溶解度を約 5% とした。

石原氏の研究は著者と同様に主として電氣抵抗の測定によつて状態圖を定め大體著者と同様の結果に到達してゐるが只 $\alpha+\beta$, β 及 $\beta+\gamma$ 相に $340-350^\circ C$ に鋼の A_2 變化と同様の變化がある。著者はかゝるものは認めなかつた。又 β 相の焼入による時効硬化を β'' なる中間體 (鋼のマルテンサイトに相當するもの) に由るとしてゐる。併し著者は後章に説くが如く其不合理なるを信するものである。

最近 Tiedemann⁽³⁷⁾は純アルミニウムに $560^\circ C$ の變態を假想し γ 固溶體の領域に於て燃入時効によつて始めて現はるゝ或種の平衡圖を提出してゐる。據るところは抗張力試験のみであつて可成り大膽な推理と云ふの外なく著者にははかに同意することは出来ない。

II 研究の概要

1) 状態圖

(i) 主として電氣抵抗及熱膨脹の測定によつて状態圖を作製した。これによると殆んど Hanson & Gayer のものと一致する。

(ii) γ と $\beta+\gamma$ との相限界は Hanson & Gayer のものとは異なる。

(iii) 電気抵抗及熱膨張の測定によつて 270°C の變態は Hanson & Gayer が考へた如く普通の擬共晶變態なることを確めた。この變態は 0.5—75% Al 合金に起る。そして其の溫度を示差熱分析によつて 270°C と定めた。

(iv) 化合物 Al_2Zn_3 の存在を否定した。

(v) γ 固溶體の常溫に於ける溶解度限界をアルミニウム 82% と決定した。

2) 時効硬化

(i) 時効硬化現象の性質を特別に製作せる膨脹計によつて又硬度の變化並に熱發の測定によつて研究した。

(ii) 時効硬化は 0.5—82% Al 合金に見出され β 相に於て最も明瞭に最も迅速に惹起することを認めめた。

(iii) 硬度及長さの變化と自發的發熱作用との相互關係を明かならしめ時効硬化の性質を充分に説明した。尙時効硬化には次の 3 種類があつて合金の組成によつてこの内の 2 或は 3 が結合して起るものなることを明かにした。

(a) 擬共晶變態によるもの

(b) 溶解度の變化によるもの

(c) 變態分解生成物の凝集分布の状態によるもの

(iv) 時効中硬度極大の起る所以を膠質化學説を以て説明した。

3) 機械的性質

(i) 高溫度に於ける硬度並に狀態圖と硬度との關係を衝擊硬度に由つて定めた。

(ii) 擬共晶を含む、すべての合金には 270°C に於て衝擊硬度の異常變化があること及び高溫度に於ては β は $\alpha + \beta$ 及 $\beta + \gamma$ よりも多少軟くなるのみで何等化合物 Al_2Zn_3 の存在を暗示しないことを認めた。

(iii) 有用範圍に於ける合金の抗張力試験を行つた。

(第一章参照)

第二章 文 献

32. Hanson & Gayer: J. Inst. Met., Vol. 27, 1922, p. 267.
33. Tanabe: J. Iron & Steel Inst. Japan, Vol. IX, No. 9, 1923; J. Inst. Met., Vol. 32, 1923, p. 415.
34. Bauer & Heidenhain: Z. f. Metk., Bd. 16, 1924, S. 221.
35. Nishimura: Memoirs, College of Eng., Kyoto Imp. Univ., Vol. III, No. 6, 1924.
36. Ishihara: "Kinzoku no Kenkyu" Vol. 1, No. 3, 1924; Vol. 2, No. 4, 1925; J. Inst. Met., Vol. xxxiii, No. 1, 1925.
37. Tiedemann; Z. f. Metk., Bd. 18, 1926, S. 18 u. S. 221.

第三章 Al—Cu 及 Al—Mg 合金(附 Al—Zn 合金及デュラルミン) の焼戻による機械的及物理的性質の變化

デュラルミンの研究が盛んに行はれるに到つて其元をなす Al-Cu 及 Al-Mg 合金の熱處理による性質の變化を研究したものは多くを數へることが出来る。併し焼戻作用を詳細に研究したものは極めて少なく又あつても斷片的なるを免かれない。依つて著者は系統的に詳細に焼戻作用を研究し第二篇に述ぶる焼戻を應用して製作せる新合金の根本原理を明かならしめた。尙デュラルミン及 Al-Zn 合金の焼戻作用をも攻究した。因みに本章の一部は既に⁽³⁸⁾發表したものである。

I 焼戻に伴ふ硬度の變化 この實驗に使用した試料は 1/2" 壓延棒で其組成は次の如くである。(Al-Zn 合金は厚さ 5mm の壓延板)

Table XXXII

Al-Cu 合金		Al-Mg 合金	
No	Cu %	No	Mg %
C1	1.05	M02	0.18
C3	2.91	M04	0.43
C4	4.01	M1	1.00
C6	6.05	M2	1.98
C10	9.98	M3	3.07
C15	14.70		

デュラルミン		
Cu = 3.99%	Mg = 0.40%	Mn = 0.50%
Si = 0.46%	Fe = 0.56%	

Al-Zn 合金	
No.	Zn %
Z-22	21.26
Z-24	23.54

以上の試料製作に使用したアルミニウム地金は不純物として鐵、珪素を 0.5% 宛含有するものである。前記試料から直徑 1.3 cm. 厚さ 1cm (Al-Zn 合金は 1.5 cm 角) のものを切り出し、Al-Cu 合金及デュラルミンは 350°C に、Al-Mg 合金は 400°C に各 1 時間宛、又 Al-Zn 合金は 200-300°C に 3 時間加熱徐冷せしめたものを用ひて焼入焼戻試驗を行つた。

1) Al-Cu 合金

500°C に 30 分加熱投水の上一部は直ちに 50°C 置きに種々の溫度に 30 分宛加熱投水して直ちに硬度を測定し他の一部は 1 週間常溫時效の上同様の焼戻を行ひ硬度を測定した。硬度はブリネル式で 10mm 球を用ひ 30 秒間 500kg の荷重を施した、實驗結果は Table XXXIII 及 Figs. 37 & 38 (PL. XIV) に示した。表中の數値は何れも 2 回乃至 4 回の平均値である。

Table XXXIII

Al-Cu 合金の焼戻 (a) 500°C から焼入直後の焼戻

No.	焼入直後	焼戻温度 °C						
		120	150	200	250	300	350	400
C 1	32.5	34.0	34.0	33.8	33.2	33.0	33.0	33.5
C 3	49.3	48.5	50.0	49.0	53.7	52.0	47.4	48.5
C 4	52.0	50.0	49.0	48.6	58.0	54.5	50.5	49.7
C 6	62.0	55.2	60.0	59.3	63.0	62.5	57.3	54.0
C10	64.7	61.0	62.0	65.5	73.0	62.0	59.0	57.0
C15	76.0	74.0	73.0	74.0	84.0	73.8	68.0	63.0

(b) 500°C. から焼入1週間時効後の焼戻

No.	時効後	焼戻温度 °C								
		100	150	200	250	300	350	400	450	500
C 1	33.0	32.5	33.0	33.0	32.0	32.5	32.0	31.8	32.0	32.5
C 3	51.5	51.0	49.0	49.0	61.0	54.9	48.6	44.5	47.0	50.0
C 4	59.0	56.0	54.0	54.0	66.8	65.0	51.5	48.5	51.5	53.0
C 6	72.3	69.7	68.0	63.3	83.0	72.0	63.0	56.5	57.0	63.0
C10	75.0	72.0	71.7	74.3	84.9	73.5	64.0	60.0	59.8	63.5
C15	80.7	77.0	76.7	80.0	85.7	80.0	68.6	64.7	67.5	74.0

Al-Cu 合金は第一章に述べた如く含銅量約 0.5% 以上の合金は約 350°C 以上から焼入効果を有する (杉浦博士によれば 0.25% のものでも微量の焼入効果を有し、又時効々果も 0.25% からあるけれども著しくなるのは 2% 以上である) Figs 37 & 38 によつて明かなる如く 3% 以上の合金は何れも 500°C の焼入によつて軟化したものよりも硬度を増加し常温時効によつて更に硬化する。時効による硬度の増加(焼入直後のものに比し)は4%以上は大差なきものゝ如くである。

常温時効したものを漸次高温度に焼戻して行くと最初は硬度を減じそれから増加して 250°C で極大に達してゐる。この極大値は時効したのものよりも大である焼入直後に焼戻を行つた場合でも焼戻温度-硬度曲線の大體の形状は時効後焼戻したものと等しいけれども 250°C の極大値はそれよりも遙に小である。

焼戻硬化度と銅分の関係を見ると次表の如く凡そ 4% 以上 15% Cu 迄はさまでの差はない様である。

No.	焼入直後と焼戻したものの硬度の差	同左、時効したものに付
C 3	4.4	9.5
C 4	6.0	11.0
C 6	6.0	10.7
C10	8.3	10.0
C15	8.0	5.0

Hanson & Gayer⁽³⁹⁾ は 2.5-5% Cu 合金に就て焼入時効の上 1 時間の焼戻を行ひ 170°C 附近で硬度を減じ 200°C で極大に達することを報告してゐる。

杉浦博士⁽²⁵⁾ も二三の Al-Cu 合金に付實驗された。

次に著者は更に銅分を増加して 40% Cu 迄の鑄物をつくり 500°C から焼入し焼入効果の有無を検

した。

測定結果は Table XXXVII 及 Fig. 44 (PL. XV) に示すが如く 40% に至つても矢張り4-5% のものと大略同様の焼入効果を有することを知つた。

最近 Guillet & Galibourg⁽⁴⁰⁾ の研究によれば 5-45% Cu 合金は焼入及焼戻によつて硬度及電気抵抗を増加すると。即ち著者の結果は一部確められた譯である。

Table XXXVII

No.	Cu %	Al-Cu 鑄物	
		5 mm 球、50 kg 荷重の indentation test の凹みの直徑 (mm)	
		軟化 (350°C)	焼入直後 (500°C)
1	5.26	1.27	1.15
2	11.52	1.14	1.00
3	15.18	1.07	0.93
4	20.86	0.96	0.83
5	25.69	0.83	0.76
6	31.91	0.75	0.67
7	34.75	0.70	0.60
8	39.64	0.63	0.50

2) Al-Mg 合金

焼入温度は 500°C 及 580°C で焼戻は Al-Cu 合金と同様である。結果は Table XXXIV 及 Figs. 39-41 (PLs. XIV & XV) に示した。

この場合は Al-Cu 合金と異り焼戻による最初の軟化はなく焼戻温度の上昇に伴ひ次第に硬化し 250°C (500°C 焼入の時) 或は 200-220°C (580°C 焼入の時) で極大に達する。焼戻時間を長くすれば當然極大はより低い温度で起る。(Fig. 39参照)

500°C の焼入による時効々果が約 1% Mg に於て極大を示してゐるのは Mg_2Si のアルミニウム中に於ける溶解度が 520°C で約 1.3% であるのに相應してゐる。 Mg_2Si をつくる以上に餘分のマグネシウムの存在は Mg_2Si の溶解度を減少し、そのために 1% 以上となれば時効々果も次第に減ずるのである。然るに 580°C から焼入したものが一般に時効々果の大なること及 2% Mg で極大を示すことは焼入温度の上昇のため Mg_2Si の溶解度を大ならしめ且つ餘分のマグネシウムの影響をも少なからしむるためと解すべきである。

500及580°C から焼入時効せしめた後焼戻を行ひたるもの、最高硬度と時効後の硬度との差即ち焼戻硬化度を示すと次表の如くなる。

No.	500°C	580°C	No.	500°C	580°C
M 0 2	7.4	17.3	M 2	19.0	39.5
M 0 4	13.0	25.5	M 3	5.8	32.0
M 1	14.0	35.5			

これによつて焼戻硬化度は焼入温度の上昇により如何に著しく増加するか又マグネシウムの含有量により如何に影響さるゝかが分明するのである。こゝに 2% Mg 合金が焼戻硬化が最高なることは大いに注目すべきであらう。

Al-Mg 合金が焼戻硬化することは既に Rosenhain⁽³⁾ によつて説かれてゐるが其研究は斷片的なるを免かれない。

Table XXXIV

Al-Mg 合金の焼戻

(a) 500°C から焼入直後の焼戻

No.	焼入直後	焼 戻 温 度 °C						
		100	150	200	250	300	350	400
M 0.2	30.5	31.2	32.0	34.5	41.2	37.0	....	30.3
			33.0	45.0	43.5	34.0	25.0	....
M 0.4	33.0	35.0	37.0	40.5	49.0	41.3	....	32.0
			37.0	51.0	46.5	35.0	25.0	....
M 1	33.0	35.0	37.0	40.5	51.3	41.0	....	30.0
			36.0	56.0	45.0	37.0	24.0	....
M 2	37.0	37.0	38.2	40.0	45.5	41.0	....	34.0
			38.3	40.0	44.0	39.0	28.0	....
M 3	44.0	45.0	45.0	46.0	48.5	48.0	....	43.0
			43.5	45.5	47.0	42.5	36.0	....

N.B. 上段は加熱 30分、下段は 2 時間

(b) 500°C から焼入し 1 週間時効後の焼戻

No.	時効後	焼 戻 温 度 °C								
		100	150	200	250	300	350	400	450	500
M0.2	33.4	33.5	34.0	36.2	41.8	33.5	31.0	....	....	....
M0.4	42.0	43.2	46.0	49.5	55.0	40.5	36.0	33.0	32.5	34.2
M 1	45.5	49.0	50.5	55.0	59.5	45.3	38.7	33.4	33.0	34.3
M 2	41.0	42.0	43.5	47.5	60.3	46.5	40.3	35.5	36.0	37.5
M 3	45.0	45.3	46.0	47.0	49.8	47.5	46.0	45.0	45.0	45.4

(c) 580°C から焼入し 1 週間時効後の焼戻

No.	焼入直後	時効後	焼 戻 温 度 °C						
			100	150	200	250	300	350	400
M0.2	31.5	34.5	35.0	35.7	37.0	43.5	43.8	43.0	39.0
M0.4	35.0	49.5	51.0	52.0	58.0	60.5	52.5	46.5	41.8
M 1	37.0	61.0	63.0	66.0	72.5	69.5	61.0	....	....
M 2	46.0	71.5	73.0	73.0	85.5	80.0	70.0	56.0	....
M 3	48.0	63.0	67.0	69.0	80.0	80.0	70.0	55.0	....

3) デュラルミン

510°C から焼入し焼戻は前二者と同様に行つた。Table XXXV 及 Fig. 42 (PL. XV) に測定結果を示す。

Table XXXV

焼戻温度°C	焼入直後	時 效 後	焼戻温度°C	焼入直後	時 效 後
常 温	73.0	102.0	300	80.0	73.0
70	88.0	—	350	66.8	67.3
100	87.0	96.0	400	65.0	67.0
150	88.2	88.3	450	67.0	71.5
200	86.0	84.5	500	73.0	77.0
250	90.0	92.5			

(25)

デュラルミンの焼戻硬化も知られてゐるが杉浦博士の研究によれば組成の僅少の差によつてその極大値は時効したものよりも大ともなり又小ともなると云ふ。

普通の組成のものは著者の実験の如く焼戻硬化度は Al-Cu 及 Al-Mg 合金に比し小であつて時効したものより其硬度が大となることはない。又焼戻による最初の軟化は Al-Cu 合金に類似してゐるがそれよりも其程度は大である、これは杉浦博士も亦認められた。

4) Al-Zn 合金

実験結果は Table XXXVI 及 Fig. 43 (PL.XV) に示した。Al-Cu 及 Al-Mg 合金に見る如き焼戻硬化はなく 200°C で十分に軟化しそれから硬化するのは焼入に元づくものであらう。

II 焼戻に伴ふ電気抵抗の變化 本節及次節に用ひた試料の組成は Table XXXVIII の如く使用アルミニウムは Aluminium Industrie A. G. のもので鐵、珪素ともに約 0.18% を含むものである。又珪素は 98% 以上の純度のものを用ひた。

試料は直徑約 8 mm、長さ 15 cm の金型に鑄込み充分長時間軟化し直徑約 6 mm の棒に仕上げて使用した。

Table XXXVIII

Al-Cu 合金		Al-Mg 合金		Al-Cu合金		Al-Mg合金	
No.	Cu %	No.	Mg, Si %	No.	Cu%	No.	Mg%
1	2	1	0.5	7	15	6	工業用アル 0.25
2	3	2	1.0	8	21	7	ミニウム使用1.00
3	4	3	2.0	9	32		
4	5	4	3.0	10	35		
5	6	5	4.0	11	50		
6	11	—	—				

1) Al-Cu 合金

500°C に 30 分加熱投水し 24 時間の常温時効後 1 分に付 3-4°C の速度で加熱並に冷却し乍ら電気抵抗を測定した。測定結果は Fig. 45 (PLs.XVI & XVII) の如く 3-6% Cu 合金では 300°C 附近から軟化のために抵抗の減少を來たすことが分る。こゝに注目すべきはこの抵抗減少以前に 200°C 附近から漸次抵抗を増加して 260-280°C で極大に達することである。

今野博士⁽⁴¹⁾のデュラミンの研究中にもかゝる曲線があるけれどもこの膨みは認められてゐない。著者は數次の實驗の結果その都度明かに認め得たのである。軟化開始温度は含銅量の増加に伴ひ次第に低くなり又異常膨みも 10% 以上は認め難くなる。そしてこの膨みは含銅量 4—5% のもので最大となるらしい。

このことは 500°C に於ける Al_2Cu の溶解度が 4—5% Cu で極大であること及五十嵐氏⁽⁴²⁾の研究による時効の際の長さの収縮が 4% で極大であることと関係がある。

2) Al-Mg 合金

熱處理其他前項同様。測定結果(Fig. 46, PL. XVIII)を見るに矢張り軟化開始前に異常膨みを生じ其極大は 200—230°C 附近で其度合は 1% Mg_2Si で最も大である。即ち Al-Mg₂Si 状態圖の 500°C に於ける Mg_2Si の溶解度に一致する。3% 以上ではこの膨みは認められない。工業用アルミニウムを使用した合金の場合 (Nos. 6 & 7) に於ても等しく認められる。Al-Mg 合金の異常膨みの起る温度は Al-Cu 合金よりも低い。

3) デュラミン

510°C に 30 分加熱投水し投水後 1.5 時間及 7 日後に電氣抵抗を測定した。(Fig. 47, PL. XIX) 時効後の加熱曲線を見ると 100°C 附近から抵抗は異常の増加をなし 190°C 附近で極大となりそれから減少し更に増加して 260°C 附近で方向轉換をなす。即ち今野博士⁽⁴¹⁾、結城桑野二氏⁽⁴³⁾の如く二段の變化を認むるに變りはないが低温度に起るものには著しい異常膨みを生ずるのである。二段の内低温度に於て起るものは Mg_2Si のために、高温に於て起るものは Al_2Cu によるものと案ぜられる。時効しないものには二段の變化は認められない。

尙 350°C に 3 時間軟化した材料に就き加熱冷却曲線をとつて見ると Fig. 48 (PL. XX) の如く 310°C に始まり約 400°C に終る變化を認める。これは既に今野博士によつて發見され博士はこれをデュラミンの變態なりとせられたが Al-Cu 及 Al-Mg₂Si 系に何等の變態なく且つ Goyler のデュラミン系の詳細なる研究によるも變態がないのであるから、これは Mg_2Si 及 Al_2Cu の溶解度に元づくものと見るを穩當とすべく 300°C 附近は Al_2Cu 、400°C 附近は Mg_2Si のとけ始むる温度である。

III 燒戻に伴ふ長さの變化 使用の示差膨脹計は當研究課五十嵐氏の設計になるもので *sl-sl* はスケール上に約 2.6×10^3 倍に表はされる。試料及標準體 (U. S. Bureau of Standards 製純アルミニウム) の長さは共に 5 cm である。熱處理其他は前節に等しい。

1) Al-Cu 合金

測定結果は Fig. 49 (PL. XXI) に示した如く 200°C 附近から異常に収縮し始め 250—260°C で極小に達しそれから膨脹し約 300°C で極大となり更に収縮する。最後の収縮は Al_2Cu の溶解度に元づくものと考へられる。250°C 附近の異常収縮は電氣抵抗の場合と同様に 4% Cu で最大となるらしい。10% 以上ではこの異常収縮は認められない。

4% Cu 合金の徐冷及急冷（加熱爐を取り去り空氣を以て冷却せしめた）曲線から Al-Cu 合金は焼入によつて收縮し時效によつて更に收縮するもつであることが分る。

2) Al-Mg 合金

測定結果は Fig. 50 (PL. XXII) の如く 1% Mg₂Si に就て見ると軟化開始は 210°C 附近である Al-Cu に對應する異常膨脹を見ない。400°C 附近の異常膨脹は何によるのか明かでない。Portevin & Chevenard⁽⁴⁴⁾ も Al-Mg₂Si 合金の焼戻曲線をあげてゐるが著者のものと大差なく只 400°C の異常膨脹はない。

要するに Al-Cu に比しこの系の示差膨脹曲線は不明瞭である。

2% Mg₂Si 合金に就て行つた冷却曲線（徐冷及急冷）の位置から判定すると Al-Mg 合金は焼入によつて長さを増加し時效によつて更に増加することが分る。時效による膨脹は五十嵐氏⁽⁴²⁾によつて實驗されてゐる。

3) デュラルミン

測定結果は Fig. 51 (PL. XXII) の如く時效後の焼戻曲線は殆んど Al-Cu 合金に等しい。硬度による焼戻曲線も Al-Cu に類似のことは既に述べた。焼入後間もないものは 200°C 附近から始まる異常收縮を示さない。

Al-Cu 及デュラルミンの焼戻による長さの變化は著者によつて始めて測定されたもので從來公にされてゐない。

扱て以上の如き焼戻に關する諸性質の變化を如何にして説明すべきであらうか。これは第六章に於て説明するを便とするので同章に譲る。

IV 焼戻に伴ふスタントン式繰返し打撃數の變化 本節に於ては前數章に説ける焼戻による諸性質の變化を補足する意味に於て Al-Cu 及 Al-Mg 合金の焼戻が其スタントン式繰返し打撃數に及ぶ影響を試驗した。

試料は硬度試験に用ひたと同様の棒で充分軟化したものを Al-Cu 合金は 500°C に、Al-Mg 合金は 500 及 550°C に 1 時間加熱し投水の常溫時效 7 日の後 1 時間宛の焼戻(投水)試験を行つた。

スタントン打撃試験機の錘の落下高は 1 1/2" であり 1 分間の打撃數は 80 である。

實驗結果は Table XXXIX, Figs. 52 & 53 (PL. XXIII) に示すが如くであつて大體硬度の變化に似てゐる。尙 Al-Cu 合金の 6% Cu のものに就ては第二篇第一章 II (3) に更にのべる如く焼入溫度の上昇及焼戻時間の延長によりデュラルミンに比敵する打撃數を有するに至るのである。

Table XXXIX

Al-Cu 合金 (焼入溫度=500°C)

焼戻温度°C	スタントン繰返し打撃数			
	C 3	C 4	C 6	C 10
焼入時数	181	198	240	320
100	155	185	281	331
150	142	200	286	362
200	183	248	299	369
250	195	260	359	389
300	182	253	300	361
350	168	210	248	327

Al-Mg 合金 (焼入温度=500及550°C)

焼戻温度°C	スタントン繰返し打撃数					
	M04		M 1		M 2	
	500°C	550°C	500°C	550°C	500°C	550°C
焼入時数	—	251	288	417	253	415
100	—	252	—	430	275	420
150	241	254	320	488	310	510
200	250	258	367	465	334	395
250	268	280	315	387	330	—
300	252	261	275	—	293	—

Ⅴ 總括 1) Al-Cu 及 Al-Mg 合金系 (附Al-Zu合金及デュラルミン) に就き系統的並に組織的に焼戻による機械的及物理的性質の變化を研究した。

2) 硬度の變化を見るに Al-Cu 合金はこれを高温度から焼入し直後か又は常温時効後更に焼戻を行へば最初は焼入したものよりも軟くなり次いで硬化してやがて極大に達する。極大硬度は焼入したものとそれよりも大である。

Al-Mg 合金は最初の軟化はない。

デュラルミンは Al-Cu 合金に似てゐるが極大硬度は焼入したものよりも大となることはない。

Al-Zn 合金には前者に相當する硬化は見られない。

3) 焼入時効した合金を加熱し乍ら電気抵抗の變化を測定すると Al-Cu 及 Al-Mg 合金では軟化による抵抗の減少以前硬度の増加に相應して何れも抵抗の増大を示す。

デュラルミンでは Al_2Cu 及 Mg_2Si に夫々相當する二段の抵抗の變化を見る。

4) 焼入時効した合金を加熱し乍ら長さの變化を測定すると Al-Cu 合金では電気抵抗の異常増加に相當する異常收縮を見た。Al-Mg 合金では異常點は不明瞭で分らない。

デュラルミンは Al-Cu 合金と略ぼ等しい焼戻曲線を與へる。

5) Al-Cu 合金は焼入によつて收縮し常温時効によつて更に收縮するものであり Al-Mg 合金はこれと反對に焼入及時効によつて膨脹するものであることを知つた。

6) Al-Cu 及 Al-Mg 合金の焼戻によるスタントン繰返し打撃數の變化は大略硬度の變化に似て

ゐる。

第三章 文 献

38. Tanabe: J. Iron and Steel Inst. Japan, Vol. XI, No. 6, 1925.
39. Hanson & Gayer: J. Inst. Met., 1923, No. 1.
40. Guillet & Galibourg: Chem. Abst., Vol. 20, 1926, p. 1209.
41. Konno: Sci. Rept. Tôhoku Imp. Univ., Vol. XI, No. 4, 1922.
42. Igarashi: "Kinzoku no Kenkyû," Vol. 1, No. 5, 1924.
43. Yûki & Kuwano: "Tokyo Kogyo Shikenjyo Hôkoku," Vol. 18, No. 5, 1924.
44. Portein & Chevenard: J. Inst., Met., 1923, No. 2.

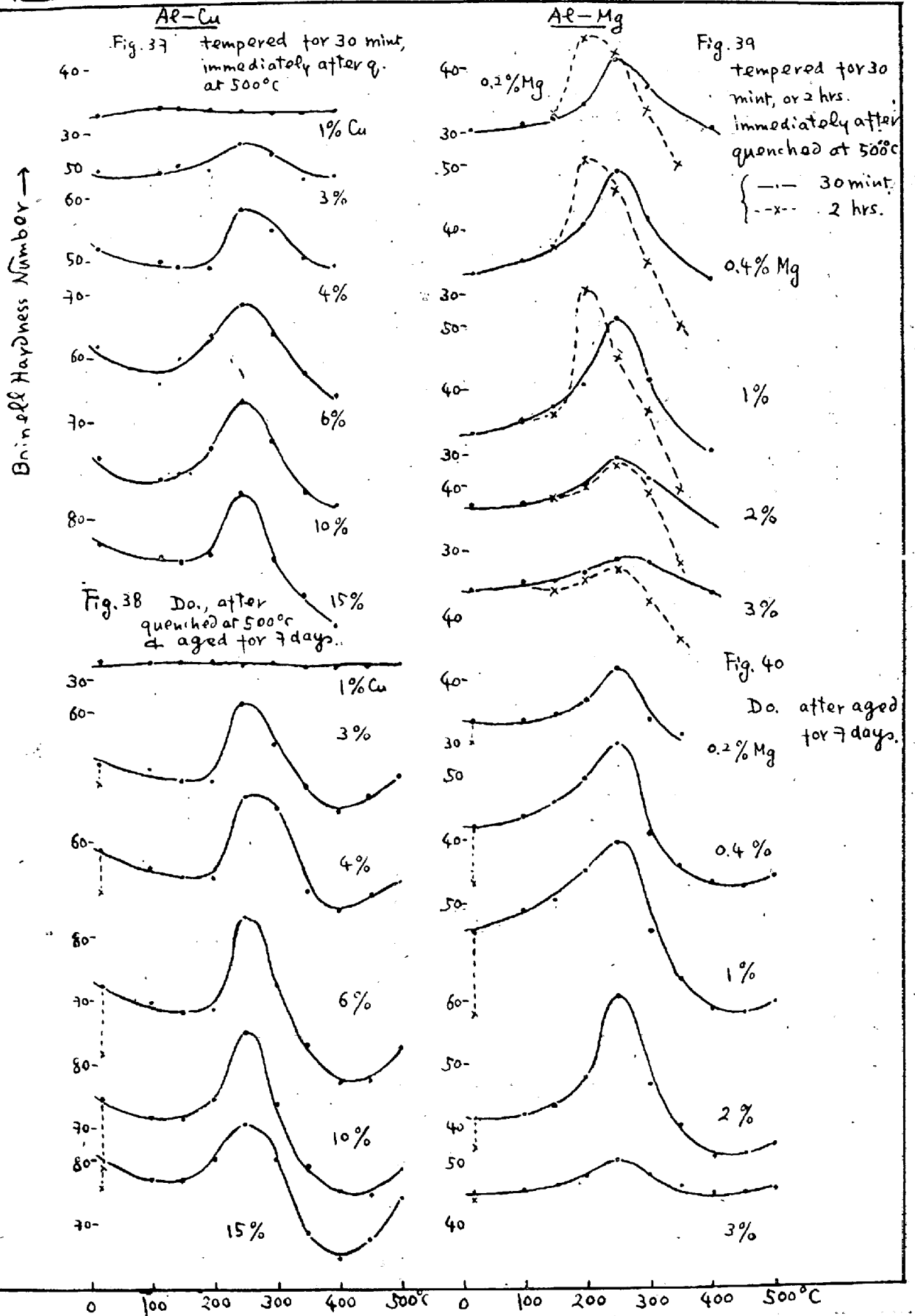
田邊友次郎「焼戻硬化するアルミニウム合金の研究」

(I) 中 の 正 誤

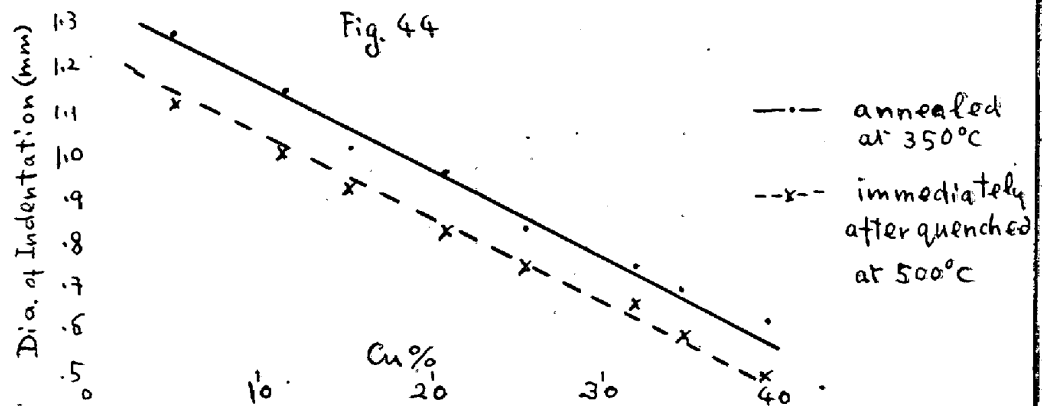
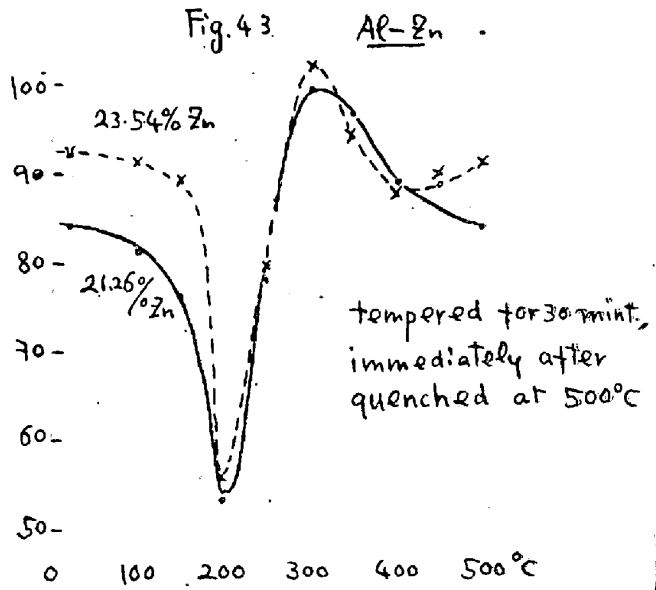
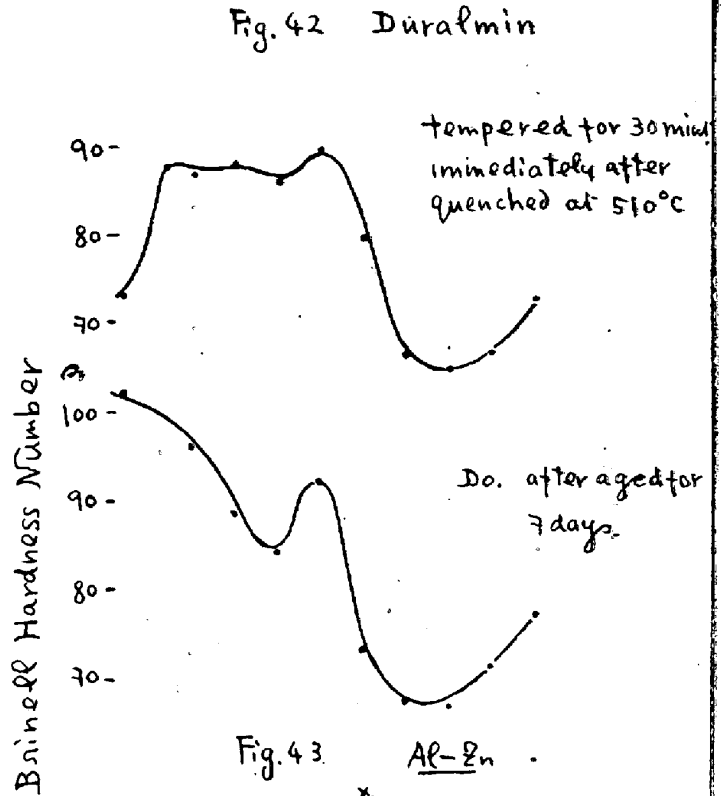
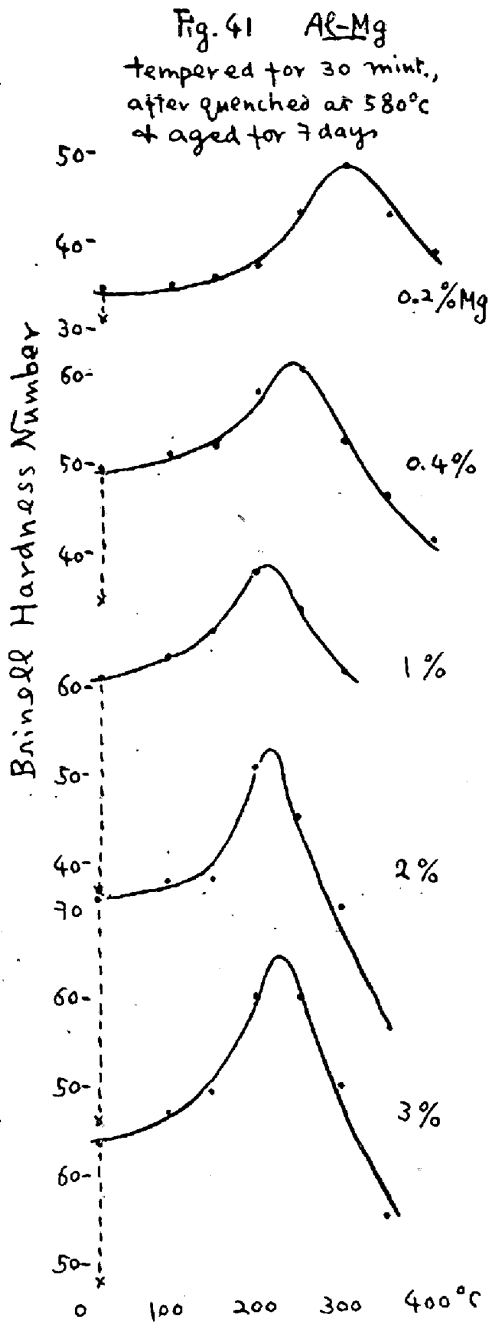
頁 — 行	正	誤
456 — 7	This	The
" — 19	was	were
" — 12	torsional	tortional
457 — 14	Izod value	Izod vaule
458 — 目次 12 以下	溶解度	熔解度
" — " 36	検討	檢證
" — 序論 2	りつゝあるのは	……あるものは
460 — 3	548	48
463 — 本文最下行	Figs. 4 & 5	Figs. 495
" — Table V	G5, Mg=3.61%	G5=3.61%
463 — 4	4) Al-Si 系	Al-Si 系
466 — Table XI	<div style="text-align: center;"> 焼戻時効 (450°C) (500°C) </div>	<div style="text-align: center;"> 焼戻 時効 </div>

469 頁 Table XVII, Table XIX, 470 頁 Table XXIII, 471 頁 Table XXVII, 及
472 頁 Table XXIX 中の電気抵抗の数字中の (,) は (.) の誤り。

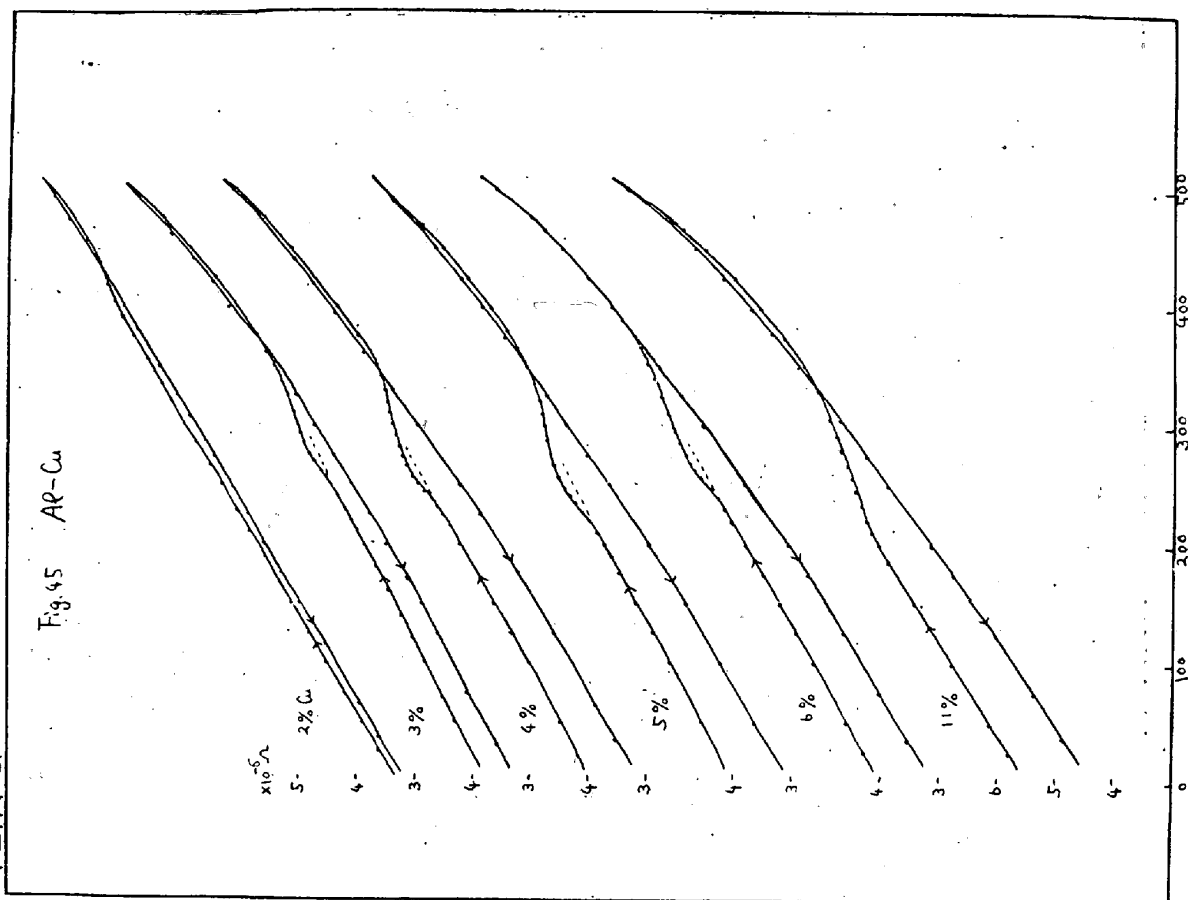
PL. XIV



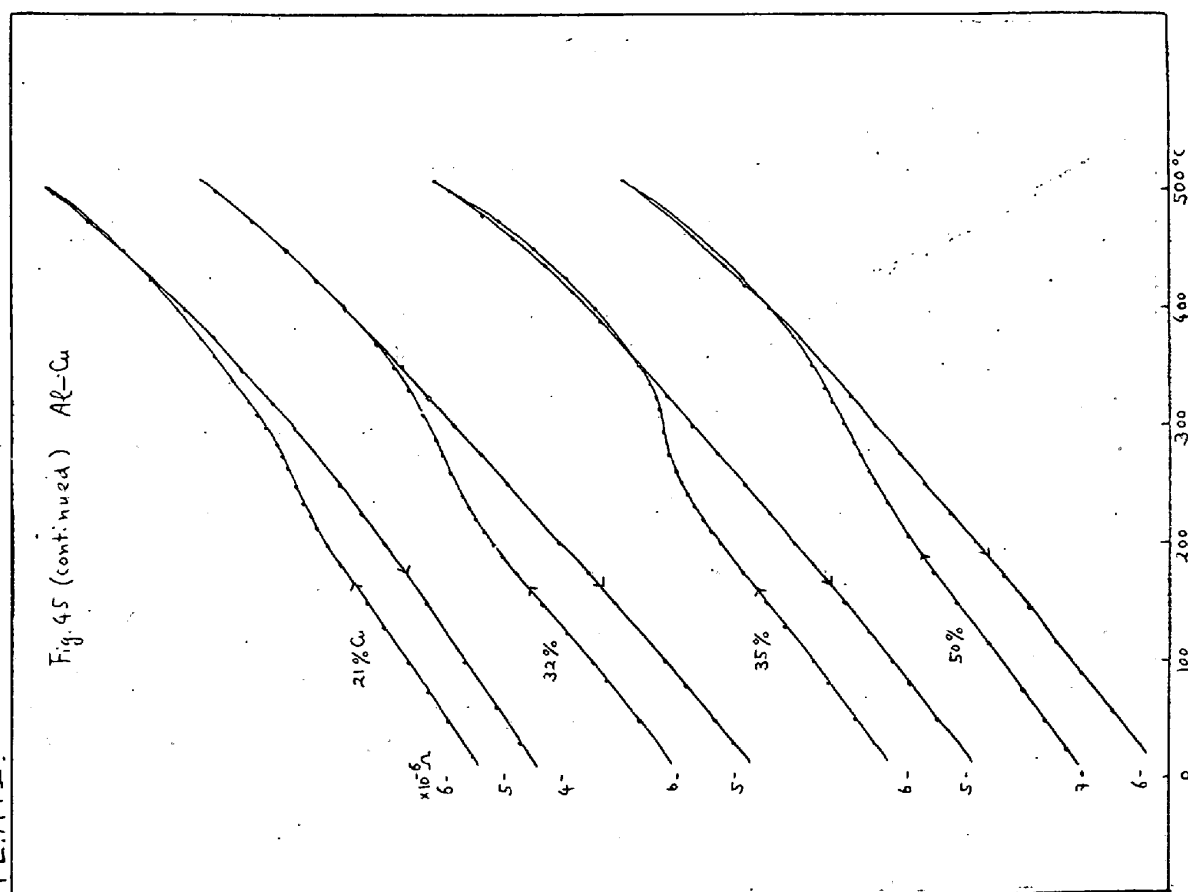
PL. XV.



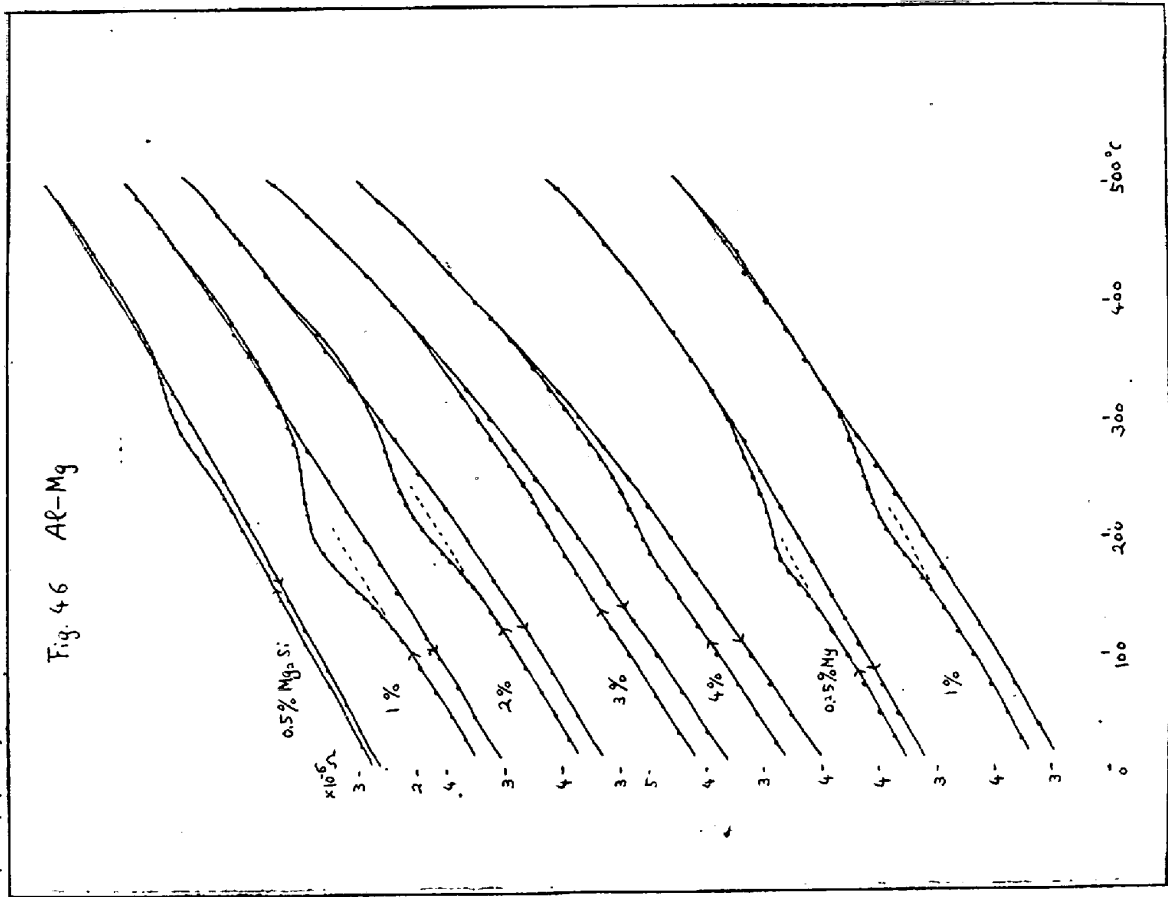
PL. XVI



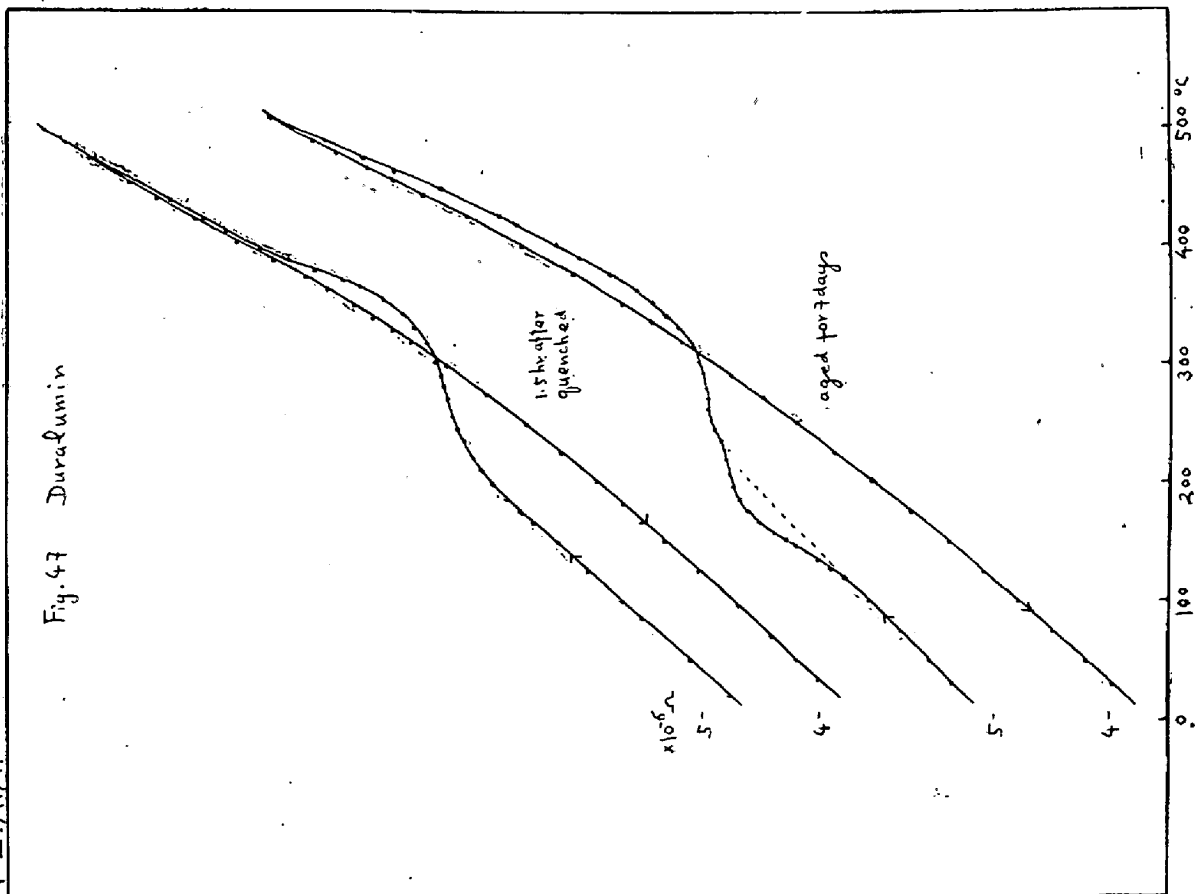
PL. XVII



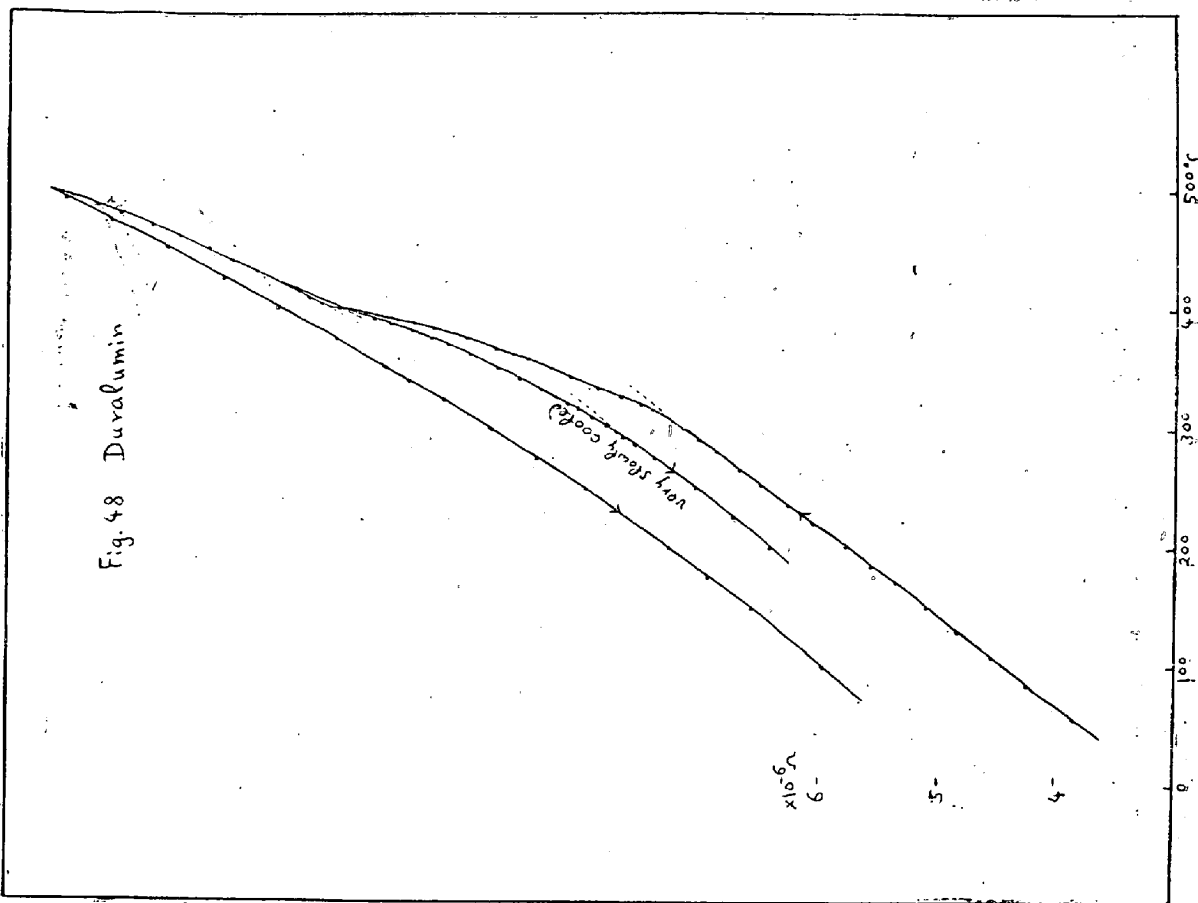
PLXVIII



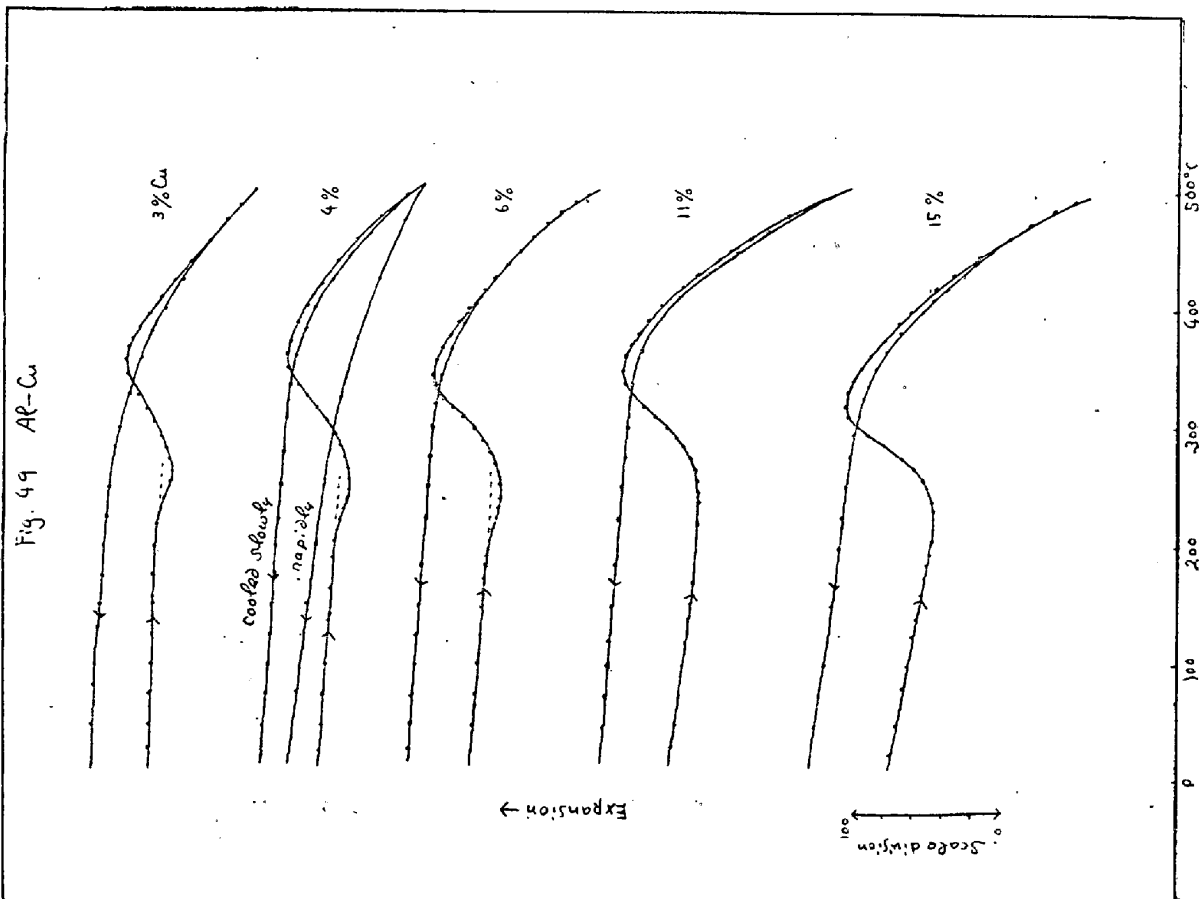
PLXIX



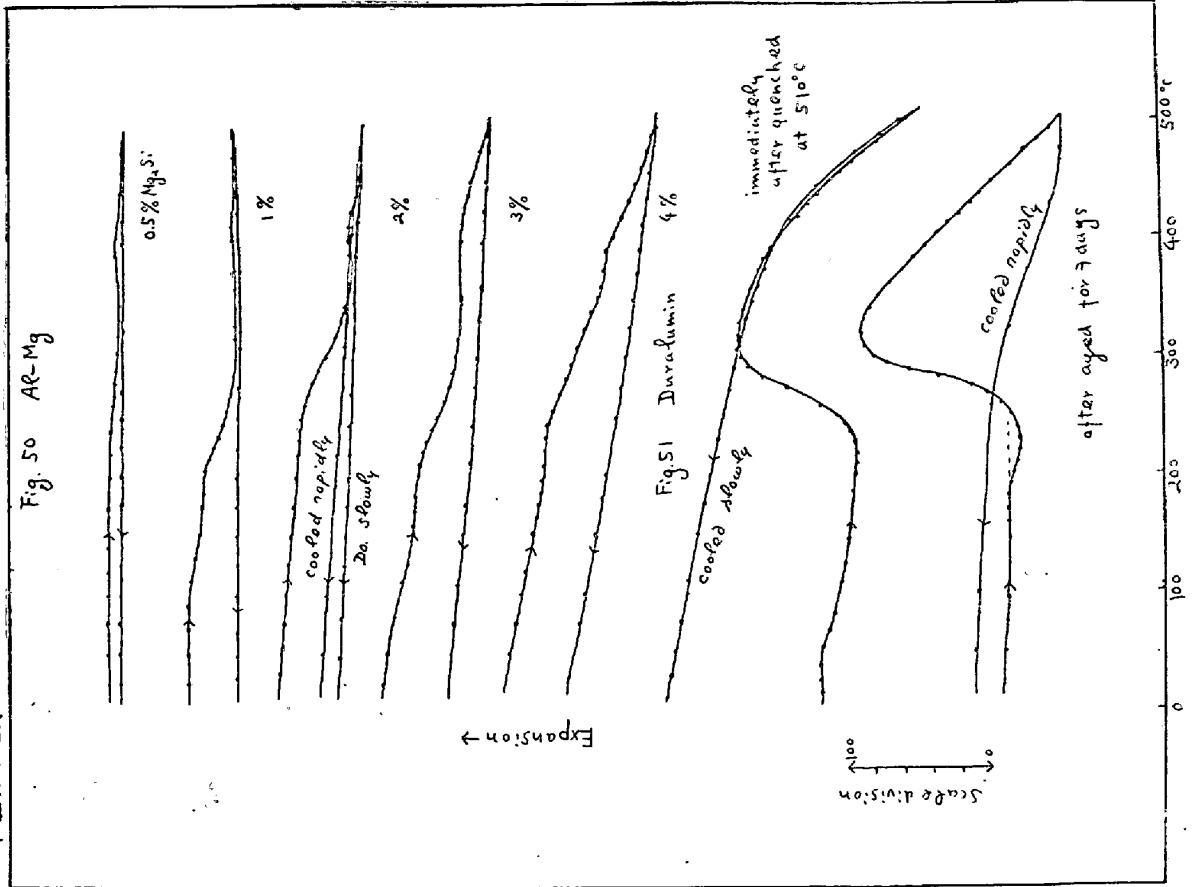
PLXX.



PLXXI.



PL XXII.



PL XXIII.

