

4. 角隅幽痕生成の主要因は銅塊凝固時に於ける冷却の速度にして、其の生成を助長する種々の條件ありて副因となる。例へば角隅の形状、角隅の偏析は助長の一條件に過ぎず。
5. 挾込説が完からざるは、其の副因のみを捕へたるに因るものなり。即ち挾込説の内容は弛開説内に包括せらるるものなり。
6. 弛開説は角隅幽痕の諸現象を完全に解明す。

## 焼戻硬化するアルミニウム合金の研究 (V)

田邊友次郎

### 第三章 Al-Cu-Cr 合金 (R 合金)

前章の續として Al-Cu (4—6%Cu) 合金にクロムを少量 (0.5—1%) 添加した合金を製作して試験した Al-Cr 系は Hindrichs<sup>78)</sup> によつて状態圖が定められてゐるが  $AlCr_3$  は固體に於て殆んどアルミニウムにはとけない。又 Al-Cu-Cr 系は從來研究されたものはない。最近 Sisco & Whitmore<sup>79)</sup> は鑄造合金として Al-Cr (Cr=5%迄) 合金を研究し鑄造用としては Al-Cu (5%Cu) に比し何等優る處がないと報告してゐる。

#### I 組成と組織

著者試作の合金の組成は Table LXXVI の如し。

Table LXXVII.

No.	Cu%	Cr%
R 1	4.17	0.96
R 2	5.20	0.44
R 3	6.28	0.48
R 4	5.17	0.99

クロムは中間合金 (Cr=14.95% を含むアルミニウム合金) として添加し各合金は金型鑄物で重量 1.5kg 宛のものを作つた。これを 5mm に熱壓延の上常溫壓延で 2mm に仕上げた。これを以て以下に述ぶる諸試験を行つたのである。

鑄物の組織を見ると何れも  $AlCr_3$  の結晶が見ゆるが R2, R3 は其量非常に少く R1, R4 は稍々多量に大きく見ゆる。Photo. 31 に R4 の鑄物の軟化したもの、顯微鏡組織を示した。又 Photos. 32—34 には R3 合金の壓延材を軟化、焼入及焼戻の各状態に於て示した。其差は著しくない。

#### II 軟化及焼入

常溫壓延板から 1cm 角の試料を切り出し 100—580°C の各溫度に 30 分宛加熱投水し直ちに常溫時効 7 日の後にブリネル硬度 (250kg, 10mm) を測定した時効効果は殆んど認められない。結果は Table LXXVIII の如くである。

4種とも約 200°C から急に硬度の減少を來たし、400—450°C で最低に達しそれから焼入効果のために増加し 550°C で極大に達し更に高温になれば焼過ぎのために低下する。R3 の焼入効果が最も大きい。

Table LXXVIII.

	ブリネル硬度												
	温度 °C												
	常温	100	150	200	250	300	350	400	450	500	530	550	570
R1	87	87	85.5	85	75	71	69	64	64.2	69	73	73	72
R2	88.2	83	80	73.5	72	69	65	63.5	60	66	69.5	73	73
R3	89	87.5	82.5	83	74	71.5	63.4	62.1	59	68	73.5	77.5	73.5
R4	82	84	77	75	71.5	68	61.2	57	58	61	63	66.5	65

次に抗張力試験片に就き硬度の場合と同様に熱処理を施し抗張力試験を行つた。其結果は Table LXXIX の如くである。表中 R3 以外のものは常温壓延の儘軟化（最良温度で）、及 550°C から焼入の三状態のみを示した。試験片の切斷面積は約 20mm<sup>2</sup>、標點距離 50mm である。以下の抗張力試験にも同様である。

Table LXXIX.

°C	R1		R2		R3		R4	
	力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %
常温	28.0	3	30.0	4	31.0	3	30.8	2
100	—	—	—	—	31.2	3	—	—
150	—	—	—	—	30.2	4	—	—
200	—	—	—	—	30.5	4	—	—
250	—	—	—	—	26.4	4	—	—
300	—	—	—	—	25.2	5	—	—
350	—	—	—	—	24.1	4	—	—
400	22.1	10	22.0	15	22.8	4	—	—
450	22.8	14	24.0	18	23.5	14	24.5	13
500	—	—	—	—	30.3	16	—	—
550	32.0	19	33.0	16	36.7	18	30.9	12

Table LXXX.

焼戻温度 °C	ブリネル硬度			
	R1	R2	R3	R4
焼入	73	73	77.5	66.5
100	72	79	76.5	71.5
150	73.5	81.5	95	81.5
200	72	80	105	85
250	69	77	86	73

III 焼 戻

次に 550°C から焼入時効したものを 100—250°C に1時間宛焼戻（投水）を行つて硬度を測つた。其結果は Table LXXX の如くである。

Table LXXXI.

焼戻時間	ブリネル硬度			
	R1	R2	R3	R4
2	72.5	86.5	101	90
3	75	93.5	106	92.5
4	76	101	105.5	92
5	77	102	105	90
6	79.5	100	102	87
7	79	96	103	86
8	81	90	100	—
9	82	—	102	—
10	88.5	—	100	—

又 150°C に長時間焼戻を行つた結果は Table LXXXI の如し。

次で抗張力試験片に就き同様の焼戻試験を行つた(Table LXXXII)。

Table LXXXII.

焼戻時間	R1		R2		R3		R4	
	力	伸	力	伸	力	伸	力	伸
	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	%
2	32.0	18	40.3	20	40.7	18.5	34.0	17
3	32.5	18	39.7	19	45.1	21	41.3	20
4	—	—	45.0	20	41.0	21	43.3	20
5	—	—	41.0	19	—	—	41.9	16
6	—	—	41.0	14	—	—	39.3	18
8	35.3	16	—	—	—	—	—	—

尙 R3 合金の 550°C から焼入したものを 1 時間宛各温度に焼戻したものの抗張力試験結果をあぐれば Table LXXXIII の如くである。

Table LXXXIII.

	焼 入 温 度 °C							
	100	150	200	250	300	350	400	
抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>	35.7	40.0	40.2	36.0	28.3	26.8	26.0	
伸 長 率 %	17	19	13	12	10	12	15	

Fig. 84 (PL. XXXIV) に R3 合金の熱処理による機械的性質の變化の一般を示した。

Table LXXXIV.

No.	重量減 mg/cm <sup>2</sup>	摘 要 (焼戻時間)
C6	10.94	6
R1	11.30	6
R2	10.30	4
R3	10.40	3
R4	9.85	4

IV 腐蝕試験

C6 及 R1—R4 を 550°C から焼入時效の後 150°C に焼戻したものに就き 1% の硫酸中に於て 14 日間の常温に於ける腐蝕試験を行つた。1 立の液中に同種の板 2 枚宛をつるした。試験結果は 2 枚の平均で左表の如くである(試料の大きさは 3×6cm である)。

何れも大差はないがクロムを添加して悪影響を及ぼさないことだけは確である。

V 總 括

本章を總括すること次の如し。

1) 4—6%Cu の Al-Cu 合金にクロムを 0.5—1%添加した合金の試験によればクロムは焼戻硬化に對しては格別の効果は與へないけれども焼戻による硬化には頗る良結果を與へる。

今 6%Cu を含む合金にクロムを添加したものと、しないものとの焼戻後の抗張力及伸長率を比較すれば次の如くである。

合金(2mm板)	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 %
C6, 6%Cu, (150°C, 6 時間)	41.7	22
R3, 6%Cu; 0.48%Cr (150°C, 3 時間)	45.1	21

2) 又 R2 合金 (5%Cu, 0.5%Cr) も良好の結果を與へる。

Jeffries の得た合金 (4.68%Cu, 0.68%Cr) と比較せば次の如し。

著者	焼戻時間	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 %
田邊	150°C, 4 時間	45	20
Jeffries	150°C, 15—48時間	38.5—41.3	20

3) R1 を除き何れも短時間の焼戻によつて 43—45kg/mm<sup>2</sup> の如き抗張力を得られること及硫酸に對する耐腐蝕力を多少とも増加する點を考ふれば Al-Cu 合金にクロムを添加するのは望しいと云はねばならぬ。

### 第三章 文 献

78. Hindrichs: Z. f. anorg. Chem., Bd. 59, 1908, ss. 441—448.

79. Sisco & Whitmore: J. Ind. & Eng. Chem., vol. 17, 1925, p. 956.

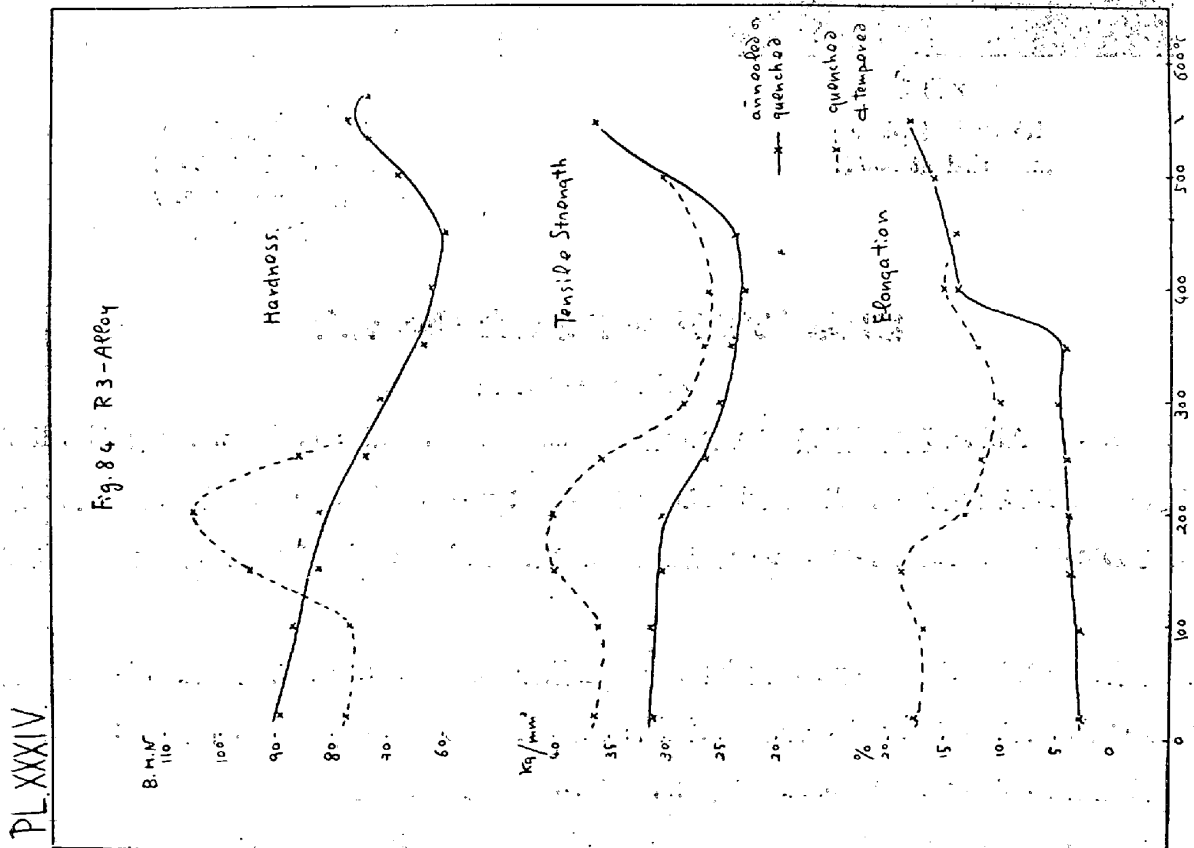


Photo. 31



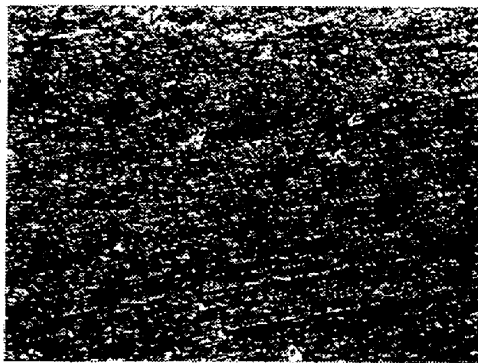
×約 130  
R4 (casting)  
annealed at 400°C

Photo. 32



×約 130  
R3 (rolled plate)  
quenched at 550°C

Photo. 33



×約 130  
R3 (rolled plate)  
annealed at 400°C

Photo. 34



×約 130  
R3 (rolled plate)  
quenched at 550°C  
and tempered at 150°C  
for 3 hrs.

## 第四章 アルデュール系合金 (MS 合金)

### I アルデュールの性質

アルデュール(Aldur, 獨佛英特許)といふのは、Leichtmetall Studien u. Verwertungs-Gesellschaft から發賣されてゐる電氣抵抗の比較的小なる強硬なアルミニウム合金であつて電氣工業上廣い用途を有するものである。現に獨逸ナウエンの無線電信所の架空線として用ひられ成功を収めてゐると聞く。

製造業者の云ふところ及 Heyn<sup>50)</sup>の研究したものを綜合するに Aldur なる合金は Si=0.7—1%, Mg=約 0.5%を含むアルミニウム合金で其機械的性質は抗張力 16—50kg/mm<sup>2</sup>, 伸長率 27—4%であり比電氣抵抗は 3.0—3.5×10<sup>-8</sup> ohms, 比重 2.70—2.75 と稱されてゐる。

當研究課絹川技師の獨逸製品に就て行はれた試験結果を見れば次の如くである。

No.	組	成	状態	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 (50mm) %	ブリネル 硬度	比重
533D	Si=0.8%	Mg=0.41%	Fe=0.41%	其儘	30	11	83
				400°C 軟化	13	29	24.5
(比電気抵抗は其儘で $3.28 \times 10^{-9}$ ohms)							
570D	Si=0.96%	Mg=0.41%	Fe=0.37%	其儘	37.8	8.6	107
				400°C 軟化	11.6	28	25

即ち相當大なる力とさまで小ならざる伸を有してゐるが斯かる性質は單なる常溫壓延や單なる焼入時効のみでは得られない事は第一篇の研究から見て疑ふの餘地はない。

Aldur の特許によれば次の如く記してゐる

(1) 本法は鑄造し軟化した金屬及合金の硬度抗張力並に工具を以てする加工の容易さを増大せしむるために抗張力及硬度の減少を來たさざる溫度以下で空氣中又は空氣を遮斷して當該金屬及合金の硬度を増加する迄加熱するものである。

(2) 前條の處理をアルミニウム及アルミニウムを主成分とする合金に適用するには其加熱溫度を160°C以下とし、この溫度に數時間乃至數日間加熱して所期の硬度に達せしめる。

其後<sup>81)</sup> Hallmaun は Aldur の硬化は 160°C に於ける焼戻による旨を明記してゐる。

Heyn は前記論文に於て常溫加工した及軟化したマグネシウムを含む二三の合金に就て特許にある様に低溫軟化を行つたがアルデュールの様な大なる硬度を與へることが出來ず、これに反してデュラルミンに於ける様に焼入時効後更に常溫加工を行ひ或は又更に低溫軟化を行ふ時は大略所期の目的を達する旨を報告してゐる。

又<sup>82)</sup> Guertler は焼入時効後 160°C で長期の焼戻を行へば硬度が非常に増加すると述べてゐる。

以上の如く各研究者の結果が一致しないので著者はアルデュール系合金の系統的研究を企圖し最も有利なる製造法を發見せんと試みた。以下に記す試験の一部は其大略を既に發表した。<sup>87)</sup> 以下には其後の研究をも述べ稍と詳細に記すことにする。

Table LXXXV

No.	Mg%	Si%	Fe%
MS 1	0.55	0.88	0.78
" 2	0.56	1.32	0.78
" 3	0.58	1.65	0.78
" 4	0.58	1.80	0.63

II 製造法の研究

試料の組成は Table LXXXV の如く 2.5kg 宛金型に鑄造した(厚さ約 5cm)。これを熱壓延(400°C)で 1cm 板とした。

(1) 第一製造法

この方法は焼入時効後の常溫加工によつて強力のものを得んとするにある。

1cm 板を 520 及 580°C に 1 時間加熱投水し常溫時効 1 週日の後常溫壓延で途中軟化せず厚さ 2mm の板とした。この板の機械的性質は Table LXXXVI の如し。

Table LXXXVI.

(1) 520°C から焼入したもの				
No.	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性限 kg/mm <sup>2</sup> (3/1000")	伸長率 (50mm) %	ブリネル硬度 (2mm) (20kg)
MS 1	36.05	32.7	6	97.5
" 2	36.6	32	5	97.6
" 3	38.7	34.4	6	100
" 4	39.3	35.5	6	102
(2) 580°C から焼入したもの				
MS 1	36	31	7	97
" 2	42.7	38	7	104.3
" 3	45.5	41	7	112
" 4	46.5	41	7	114

備考:— 試験片の切斷面積=30mm<sup>2</sup> 以下同様。

即ちこの製造法によつて頗る強力なものを得ることが出来た。

(2) 第二製造法

この方法は焼入焼戻によつて硬化せしめんとするものである。Al-Mg<sub>2</sub>Si 合金が焼戻硬化の著しいものがあるのは既に第一篇第三章に詳説した。

先づ 1cm 板から切り出した試料をとり 400°C 以上の各温度に 30 分宛加熱投水し直後と 7 日間時効後とにブリネル硬度 (10mm, 500kg) を測定した。結果は Table LXXXVII の如し。

Table LXXXVII

焼入温度 °C	ブリネル硬度							
	MS 1		MS 2		MS 3		MS 4	
	直後	時効	直後	時効	直後	時効	直後	時効
400	26.2	—	26.8	—	28.2	—	28.6	—
450	33.4	33.3	32.1	34.5	33.7	36.5	35.0	37.0
500	35.2	50.5	35.4	51.5	39.2	55.0	38.8	59.0
550	37.1	55.0	47.0	59.5	49.7	69.0	47.5	71.0
600	37.0	57.0	44.0	47.0	49.0	71.0	46.0	70.0

Table LXXXVIII.

No.	焼戻温度°C		
	150	200	250
MS 1 (30min.)	59	64	68
" (1 hr.)	62	86.5	60
MS 2 (30min.)	64	80	74.5
" (1 hr.)	67	93.5	68
MS 3 (30min.)	71	90	81
" (1 hr.)	74	99	66
MS 4 (30min.)	73	98.5	77
" (1 hr.)	77.5	112.5	66.5

以上の結果から 550°C の焼入が最もよいことを認めたので、かく処理したものを 150, 200 及び 250°C の各温度に 30 分及 1 時間の焼戻を行つた。焼戻によるブリネル硬度の増加の割合は左表の如くである。

これによつて約 200°C の焼戻が最も有利なことが分つた。

以上の硬度試験後常温壓延した 2mm 板をとり次の熱処理を行つた。

(1) 焼入温度 520, 550 及 580°C, 加熱時間 30分。(2) 焼戻温度 200°C, 焼戻時間 2—50時間。

各合金に付系統的に行つたのであるが煩しいから詳しい実験値は之を省き各合金の最良の結果のみを Table I.XXXIX に摘記する。

Table LXXXIX.

No.	熟 處 理	抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>	弾 性 限 (3/1000") kg/mm <sup>2</sup>	伸 長 率 (50 mm) %	ブリネル硬度 (2mm) (20kg)
MS 1	500°C から焼入時効	20.5	10	25.5	56.5
"	200°C に焼戻 7 時間	29.5	24	12	85
MS 2	550°C から焼入時効	26.2	11.5	25	63
"	200°C に焼戻 7 時間	33.4	29	12	95
MS 3	580°C から焼入時効	29.3	15.4	26	72
"	200°C に焼戻 7 時間	36.3	30	11	99
MS 4	580°C から焼入時効	30.4	16	26	74
"	200°C に焼戻 7 時間	37.0	31	11	104

即ち第一製造法によるもの程抗張力はないけれども伸長率に於て勝り又腐蝕に對しても良好なものを得たのである(III 節参照のこと)。

次に特筆すべきは焼戻硬化によるこの種合金の電気抵抗の小なることで電気抵抗に對する実験結果 (Table XC) を綜合すると次の如く云ひ得る。

焼入によつて電気抵抗は増加し時効によつて更に増加するけれども其度はさまで大でない。200°C に焼戻すると抵抗は減じて軟化したものに近づく。これは硬度及抗張力が焼戻によつて異常の増加を來たすのに對して矛盾する様であるが次の如く考ふればよいと思ふ。即ち硬度が大となればとて必ずしも電気抵抗は大となるとは限らない。電気抵抗は硬度、抗張力等の機械的性質に先つて變化することがあるのでこの場合でも 100—120°C に焼戻すと明に電気抵抗を増加する。

焼戻硬化したものの比電気抵抗は  $3.2-3.5 \times 10^{-6}$  ohms で焼入時効せるデュラルミンの  $4.8-5.0 \times 10^{-6}$  ohms に比し良好の成績と云はなければならぬ。

Table XC

比電気抵抗 (10<sup>-6</sup> ohms, 20°C)

No.	400°C	550°C 焼入		200°C 焼戻		備考:—
	軟 化	直 後	時 効	7 時間	14時間	
MS 1	3.12	3.49	3.65	3.25	3.18	試料は厚さ 1cm 板から切り出し直徑5—6mm, 長さ12—14cm としたもの。 數値は 2本の平均である。
" 2	3.11	3.66	3.89	3.43	3.32	
" 3	3.11	3.95	4.18	3.47	3.35	
" 4	3.18	4.03	4.20	3.52	3.39	

III 腐蝕試験

組成及製造法の耐腐蝕力に及ぶ影響を見るために次の腐蝕試験を行つた。

試料は MS 1, MS 2 及 MS 3 の 2mm 板で表面積は 15—17cm<sup>2</sup> のものである。同種のもの 2枚宛を 1 立の腐蝕液の中につるした。腐蝕液は 3%食鹽水及 N/50 硫酸溶液である。室温で 73 日間浸漬し 30 日目に一度液を新にした。



各試料の状態を *P*, *Q* 及 *R* を以て區別したが其等の意味は次の如くである。

<i>P</i>	580°C から焼入時効後常溫壓延
<i>Q</i>	520°C " "
<i>R</i>	550°C から焼入 (MS 3 は 580°C) 時効後 200°C に 7 時間焼戻

結果 (平均値) を Table XCI 及 Fig. 85 (PL. XXXV) に示した。

食鹽水中でも硫酸溶液中でも第二製造法によるものが第一製造法によるものよりも耐腐蝕力が勝つてゐる又 MS 1 は MS 2 及 MS 3 に比し侵され方が少いが其差は大したものではない。

Table XCI.

3%食鹽水

No.	重量減 mg/cm <sup>2</sup>					
	10日	20日	30日	42日	52日	72日
MS1-Q	0.32	0.55	0.63	0.73	0.83	1.03
" -R	0.29	0.51	0.70	0.72	0.85	1.06
MS2-P	0.29	0.60	0.89	1.05	1.27	1.91
" -R	0.30	0.53	0.80	1.07	1.27	1.88
MS3-P	0.26	0.60	0.92	1.39	1.66	2.19
" -Q	0.29	0.66	1.00	1.41	1.70	2.65
" -R	0.10	0.20	0.64	0.95	1.31	2.25

$\frac{N}{50}$  硫酸

MS1-Q	2.68	4.95	7.38	11.90	13.62	18.60
" -R	2.66	4.53	6.80	10.72	12.30	16.75
MS2-P	3.03	5.85	8.86	14.37	16.75	22.34
" -R	2.74	4.95	7.21	11.07	12.50	16.90
MS3-P	2.78	5.32	8.03	13.15	15.05	20.65
" -Q	3.96	7.93	12.10	20.10	23.00	31.60

#### IV 總 括

本章を綜合すれば次の如くなる。

1) Aldur 系合金の組成を Mg=0.5—0.6%, Si=0.9—2% の範圍に互つて研究した。珪素を多量に含む不純なるアルミニウムを使用する程良好の成績を得らるゝといふ結論に達し實用上頗る有望な合金と稱し得ることを認めた。

2) 500—600°C から焼入し常溫時効後常溫加工するか或は又 200°C に焼戻することによつて次の如き機械的性質を附與し得る。

抗張力	25—47 kg/mm <sup>2</sup>	彈性限	20—40kg/mm <sup>2</sup>	伸長率	15—5%
ブリネル硬度	75—114	比重	2.7—2.75(20°C)		

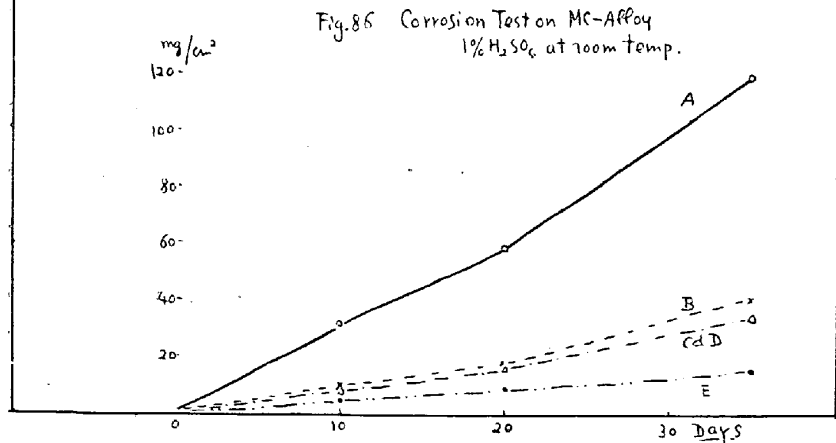
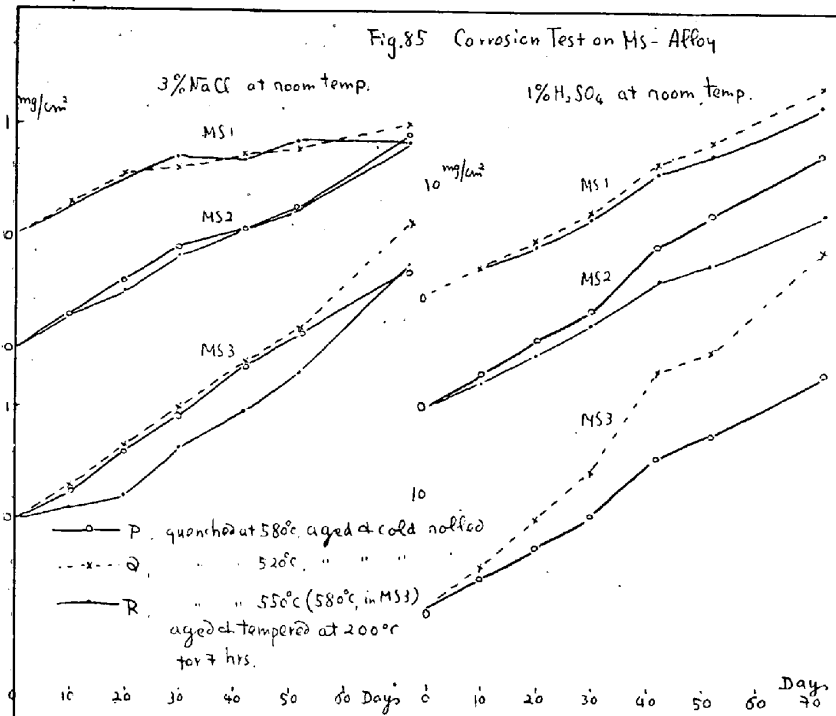
3) 焼戻硬化したものは比電氣抵抗  $3.2—3.5 \times 10^{-10}$  ohms(20°C) でデュラルミンに比し非常に低い。

4) 焼入及常温加工によるものよりも焼入及焼戻によるものの方が耐腐蝕力が大である。

第四章 文 献

- 80 Heyn: Z. f. Metalk., Bd. 14, 1922, S. 465.
- 81 Hallmann: Z. f. Metalk., Bd. 16, 1924, SS. 933-435.
- 82 Guertler: Z. f. Metalk., Bd. 15, 1923, S. 288

PL. XXXV.



第五章 Al-Mg-Cu 合金 (MC 合金)

本章に述べんとする MC 合金は少量宛のマグネシウムと銅とを含む合金であつて 常温加工と熱處理との適宜の配合によつて頗る強硬な機械的性質を有せしめたものである。これは既に發表した著者の論文に詳しいからこゝには其概要と其後の研究になる腐蝕試験の結果を報告する。

I 製造法と機械的性質

合金の組成は Table XCII の如し。

Table. XCII

No.	Mg%	Cu%
MC 1	0.60	1.01
" 2	0.57	2.13
" 3	0.96	1.07
" 4	1.08	2.04

これら合金の壓延板を焼入時効せしめて硬化し更に常温壓延によつて益々硬化の實をあげる。かくして得たものは硬度、抗張力は大であるけれども伸長率が少い。故に次に之を適當の温度に軟化すると伸を増すのみならず更に驚くべき硬さ強さの増加を來たすのである。これは

主として合金中の一成分たる  $Mg_2Si$  に歸すべきことは第一篇第一章に説いた。

10mm の熱壓延板を 520°C から焼入時効の上 2mm に常温壓延し 150°C に 30 分乃至 2 時間の低温軟化を行つて得たものゝ性質をあぐれば Table XCIII の如くである。

Table. XCIII

No.	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性限 (3/1000") kg/mm <sup>2</sup>	伸率長 (50mm) %	ブリネル硬度 (10mm) (500kg)
MC 1	44	38	9	112.5
" 2	48.9	39.7	8.5	119
" 3	48.5	39	7	120
" 4	56.9	45	9	140.3

尚常温壓延した 2mm 板を 520°C から焼入時効し 250°C に 1 時間焼戻したものの性質は次の如くなり普通の焼入焼戻でも相當の結果を與へる。

II 腐蝕試験

MC 4 合金 (Mg=1%, Cu=2%) の各種状態に於ける常温の腐蝕試験を施行し之とデュラルミンとを比較した。

腐蝕液は 3% 食鹽水及 1% 硫酸溶液で試料の状態及大いさは次の如くである。

Table XCIV.

No.	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性限 (3/1000") kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 (50mm) %	ブリネル硬度 (10mm) (250kg)
MC 1	35	23.5	15	84
" 2	37.2	26	13	92
" 3	32	23	13	89
" 4	38	25	15	95

試料番號	状 態	表面積 (cm <sup>2</sup> )
MC 4-A(1-4)	熱壓延の 10mm 板	120.78
" -B( " )	A を 520°C から焼入時効したもの	120.66
" -C( " )	B を常温壓延で 2mm としたもの	138.16
" -D( " )	C を 150°C に 2 時間軟化したもの	138.16
デュラルミン-E	當社製品 (2mm 板)	"

試料は表面を研磨紙 00 番迄研磨し洗滌したものを硝子フックを以て3立の腐蝕液中に異種のもの5枚宛懸垂した。各種とも Nos. 1 & 2 は硫酸中に、Nos. 3 & 4 は食鹽水中で試験した。

硫酸中のものは各種類の2枚共大略等しい重量減を示すので Table XCV には其平均値のみを示し、食鹽水中のものは重量減又は増を示すので兩者ともかゝげた。

酸中のものは10日及20日目に秤量し20日目に液を取り換へ35日を以て終了せしめた。食鹽水中のものは10, 20, 35及65日目に秤量毎回液を新にした。

硫酸中の減量對日數の曲線は Fig. 86 (PL. XXXV) に示した如く A が最もよくとける。これを焼入すると甚しく其溶解度を減じ常溫壓延すれば更に多少減少する、次の軟化によつては溶解度は殆んど變じない。デュラルミンはこれらのものに比し溶解度は非常に低い。

Table XCV.

1% 硫 酸				
重 量 減 mg/cm <sup>2</sup>				
No.	10日	20日	35日	
A	31.79	58.40	119.20	
B	10.00	18.60	41.55	
C	9.21	16.89	35.85	
D	9.61	16.59	35.00	
E	5.40	9.48	15.73	

3% 食 鹽 水				
重量減(-)又は増(+) mg/dm <sup>2</sup>				
No.	10日	20日	35日	65日
A 3	+ 6.1	+ 1.1	+ 14.4	- 8.45
A 4	+ 4.0	- 4.5	- 16.2	- 5.72
B 3	- 7.4	- 10.0	- 20.2	- 58.3
B 4	+ 0.33	- 9.3	- 19.1	- 61.9
C 3	+ 3.64	+ 13.75	+ 17.36	- 9.12
C 4	- 0.58	- 11.42	- 3.68	- 31.70
D 3	+ 2.60	+ 2.17	- 4.20	- 2.75
D 4	+ 1.45	- 10.15	- 10.85	- 20.25
E 3	- 2.32	+ 8.26	- 8.08	- 11.57
E 4	- 6.51	- 11.58	- 12.45	- 40.50

食鹽水中の試験では重量減のみでは判定することが出来ず表面の侵された方を見なければならぬが大體に於てデュラルミンが最良で A が最も悪い。Photo. 35 に腐蝕試験後の試料の表面を示した。

### III 總 括

以上を總括すると次の如き結果となる。

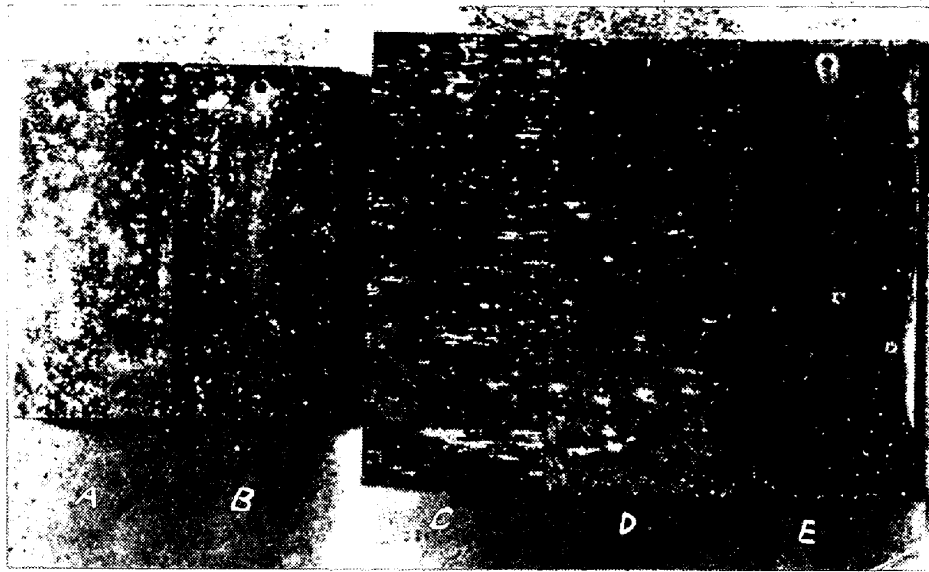
1) Cu=1—2%, Mg=0.5—1% 合金を 520°C から焼入し常溫時效の上常溫壓延し更に低溫軟化(150°C)すると次の如き強硬でしかも相當の靱性を有するものとなる。

抗張力 44—57 kg/mm<sup>2</sup>  
 彈性限 38—45 kg/mm<sup>2</sup>  
 伸長率 7—9%  
 プリネル硬度 112—140

2) 焼入焼戻のみでは MS 合金と大差はない。即ち 32—38 kg/mm<sup>2</sup>, 13—15%の如き結果を與へる。

3) MC 合金の一種をとり製造の各工程に於ける耐腐蝕力を比較した。

Photo. 35



Specimens of MC-Alloy (at several Stages in manufacturing Process), after Corroded in 3% NaCl Solution, for 65 days.

## 第六章 結 尾

第二篇を總括して著者は次の如き結論に達すると思ふ。

1) マグネシウムを含有しない Al-Cu 合金は焼入後の常温時効でさまで硬化しないので、この種合金は何れも焼入後高温度の焼戻を必要とする。

2) Aldur 及 MS 合金の如く銅を含まない Al-Mg 合金は常温時効も相當に利く。又焼戻すれば更に硬化するけれどもそれと同時に伸長率を減ずる傾向が著しい。併し焼戻温度の如何によつては焼入時効によつて増加したる電気抵抗を減少ししかも硬さ強さを減じないので電気工業用材として好適のものと云ふべきである。

3) 組成よりすれば Al-Mg 系と Al-Cu 系との組合せであるデュラルミンは常温時効が充分利くので焼戻の必要なく極めて便利である。焼戻は反つて性質を悪化する。併し MC 合金の如く含銅量の少いものは高温焼戻が相當有効に利くのである。

4) 要するに實用的鍛鍊加工用軽アルミニウム合金は次の3種に大別し得る。

a) Al-Al<sub>2</sub>Cu 型      b) Al-Mg<sub>2</sub>Si 型      c) Al-Al<sub>2</sub>Cu-Mg<sub>2</sub>Si 型

附表に挙げたものは其何れかに屬する。著者の C6 及 R 合金は (a) に、MS 合金は (b) に、MC 合金は (c) に屬する。

5) 茲に於て著者は本篇に於てこれらの軽合金の性質を焼入時効、焼戻及低温軟化の如き熱處理と加工とを適宜に行ふことによつて改良せんと企てたので、著者自身の創案及改良を加えた諸合金を従來の鍛鍊加工用アルミニウム軽合金と主性質の比較をなし附表とした。

6) 著者は將來軽合金の進歩發達は其組成の撰擇如何にあるは勿論乍ら、それ以上に熱處理及加工

を理想的に駆使利用することによつて達せらるゝことを信ずるものである。

(附 表)

各種鍛錬加工用軽アルミニウム合金比較表

合金名又は著者名及其組成	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	弾性限 kg/mm <sup>2</sup>	伸長率 %	ブリネル 硬 度	摘 要
田邊, C6(6%Cu)	40-45	20-23	20-23	95-120	550°C から焼入 150°C に焼戻す
田邊, MS(1)(0.5-2%Si 0.5-0.6%Mg)	36-47	31-41	5-7	97-114	520-580°Cから焼入時効後常温加工
田邊, MS(2)組成同上	25-38	20-31	10-12	75-110	同上焼入後 200°C に焼戻
田邊, R 合金(5-6%Cu 0.5-1%Cr)	40-45	—	19-21	100-105	550°C から焼入 150°C に焼戻
田邊, MC合金(1-2%Cu 0.5-1%Mg)	44-57	38-45	7-9	112-140	520°C から焼入時効後常温加工, 更に 150°C に軟化す
Duralumin (3.5-5% Cu 0.5-1%Mn 0.5%Mg)	40-45	21-27	15-20	95-120	500-510°C から焼入常温時効
Y-Alloy, 4%Cu 1.5%Mg 2%Ni)	40-44	15	17-19	—	530°C から焼入常温時効
Lautal(4%Cu 2%Si)	38-42	21.5-27	18-23	90-120	480-500°C から焼入120-140°C に 焼戻(16-27時間)
Jeffries の合金(4.68% Cu 0.68%Cr)	38.5-41.3	—	20	—	焼入後 150°C に15-48 時間熱戻
同上(4.5%Cu 0.5-1%Mn)	42	—	18	—	530°C から焼入, 130-175°C に15 -24 時間焼戻
同上(0.5%Mg 0.75%Si)	31.2	—	13.5	110	560°C から焼入, 150°C にて 17 時 間焼戻
同上(0.5%Mg 4.5%Cu 0.75%Si 0.5%Mn)	46.8	—	20.5	—	500-550°C から焼入, 120°C にて 70 時間焼戻
同上	52.7	—	13	160-172	同上焼入後 150°C に 20時間焼戻
Portevinの合金(4.5%Cu 1%Mn)	43.5	—	22	—	565°C から焼入, 110°C に 200時間 焼戻
同上(6%Cu 1.17%Mn)	43.8-45.6	25.8-33.2	13-19.5	129-117	570°C から焼入し, 110°C に 200 時 間又は 150°C に 50 時間焼戻
Aldur (0.7-1%Si 0.4-0.5%Mg)	18-50	—	20-4	—	焼入後 160°C 以下にて長時間焼戻す
Scleron(Cu, Ni, Zn, Mn, Si, Li 等總計 5-15%)	36-40	10-20	10-20	90-120	—
Alferium Al-Cu 合金	36-42	22-28	14-22	—	480-500°C から焼入時効(?)

終りに臨んで著者は本研究に對し至大の興味を寄せられて鞭撻下さつた住友伸銅鋼管株式會社取締役藤本盤雄氏並に同じく始終變るなき激勵を賜り且本論文の發表を許可せられた取締役支配人古田俊之助氏に對し深謝の意を表する。

又この研究を熱心に御指導下された恩師九大教授金子恭輔博士に對し厚く御禮申し上げる。

最後に種々有益な助言と激勵を賜つた住友伸銅鋼管株式會社技師長杉浦稠三博士並に研究課松田孜博士に對し又本實驗の遂行にあつて其勞を吝しまれなかつた中川省三、黒川正治兩氏外數氏に深く感謝するものである。(1927年1月、住友伸銅鋼管株式會社研究課にて稿了)