

## 海水に對して耐蝕性なる新輕合金クルミン

## (Chlumin) と既知輕合金との比較 (第二報)

飯 高 一 郎

## A NEW ALUMINIUM LIGHT ALLOY "GHLUMIN".

(Resistible to Corrosion by Sea Water.) (continued from page 955)

By Ichirô Itaka.

**SYNOPSIS.** Further data were given on "Chlumin" in this paper. The content is briefly summarized as follows :-

1. The effect of *Fe, Cr, Mg* on cast Aluminium was investigated respecting microscopic structure, corrosion, strength, elongation and fracture and it became clear that why "Chlumin" containing these elements has so excellent properties.

2. "Chlumin" was compared with various known light alloys in chill cast state. It has the largest impact resistance, 3 times as large as Silumin and from several to 10 times as large as Duralumin and Y-alloy. It is equal in hardness to Silumin. In high temperature strength it is a little inferior to Y-alloy but is stronger than any others and it has the largest elongation amounting to more than 20% at all temperatures, so it can be rolled or forged very easily at any temperature. In bending strength and angle it surpasses considerably any other ones such as Y-alloy, Silumin etc. It has the finest fracture like Aluminium.

3. Wires were immersed in various ways in salt and sea water and the decrease of strength and elongation due to corrosion were observed during one year. Duralumin corroded very much losing both properties rapidly, while "Chlumin" and Aluminium remained very good.

4. Various articles have been cast commercially and used in success for several years. Plates in commercial size were manufactured and are now used in practice.

(Oct. 9, 1931, Research Laboratory, Mitsubishi Company Ltd., Tôkyô)

## 内 容

## I. アルミニウムに附加したる鐵、クロム、マグネシウムの影響

(鑄造した儘の状態に於て)

組織に及ぼす影響 クルミンの組織腐蝕に

及ぼす影響 機械的性質に及ぼす影響

破砕面等に及ぼす影響

## II. 鑄物としてのクルミンと既知輕合金との比較

(追加)

衝撃抵抗 硬度 高温度の強さと伸長率

彎曲強さと角度 破砕面

## III. 針金の耐蝕性 (追加)

海水に依る針金の腐蝕と機械的性質の遞減に

就て クルミンと既知輕合金との比較

## IV. 製造法

鑄物 壓延物

## I. アルミニウムに附加したる鐵クロム、

マグネシウムの影響 (鑄造した儘の

状態に於て)

組織に及ぼす影響。 以下述ぶる所は、鑄造

した儘で、何等の熱處理又は機械的處理を施さな

い状態の組織に就てである。



(Al-Mg-Cr 系)。 Al に Mg を 3% 加へた  $\alpha$  に更に Cr を 2% 加へれば、 $AlCr_3$  の一次晶が淡青色を帯びた棒の斷片状として出現する事寫眞第 9 の

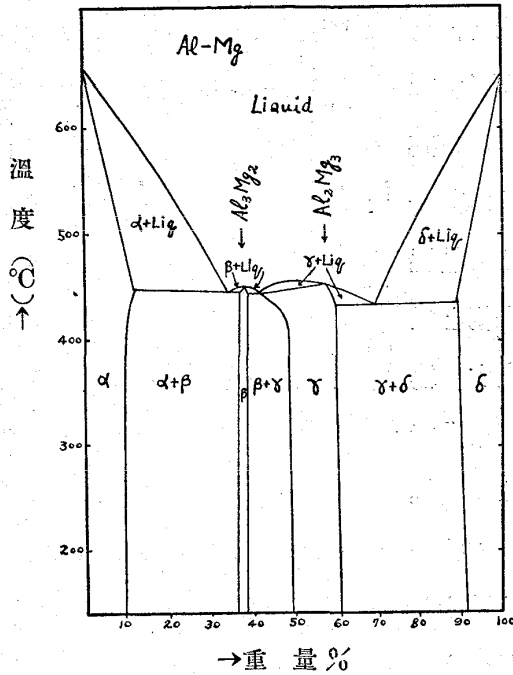
第 9 の如くである。これも Al-Cr 系から豫想される組織である。一次晶は Cr の含有量

1%でも已に現はれ、其%の増すに従て多くなる。

(Al-Mg-Fe-Cr 系)。 Al に Mg を 3% 加へた  $\alpha$  に Fe, Cr を各 2% 宛加へたものは、寫眞第 10 の如く淡青色斷片棒状をなした  $AlCr_3$  の一次晶と共晶混合物とを含む。共晶混合物の部分は  $FeAl_3$  と  $\alpha$  との二相を含むのである。之も Al-Fe, Al-Cr 兩系から豫想せらるゝ組織であつて、 $AlCr_3 + FeAl_3 + \alpha$  の三相合金と見做すべきである。

クルミンの組織。 寫眞第 11 は鑄造した儘のクルミンの組織であつて、 $AlCr_3$  の一次晶が大きく現はれて居る。その形は寫眞第 9、10 の一次晶と全く同じである。系状の相は  $AlCr_3$  とは別物で、 $FeAl_3$  であると考へられるから、クルミンは  $AlCr_3 + FeAl_3 + \alpha$  の三相合金である。寫眞第 12 は之を  $400^\circ C$  に 1 時間加熱して水中に焼入したもので組織に何等の變化を認めない。

第 4 圖 Al-Mg 系平衡圖



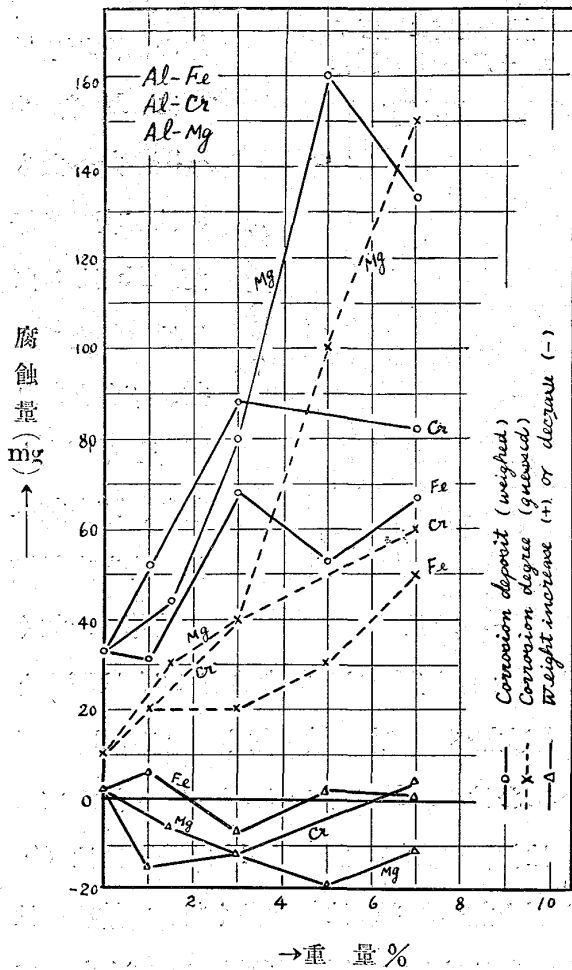
寫眞第 13 はクルミン薄板の壓延方向に直角の面の組織で、寫眞第 14 は之を  $400^\circ C$  に 1 時間加熱して焼入したものである。

腐蝕に及ぼす影響。 腐蝕試験法は第 1 報と全く同じく、5% 食鹽水に浸漬し、滿 40 日後に得たる沈澱量を灼熱秤量して比較した。猶ほ目分量で定めた腐蝕程度を純アルミニウムを單位(10)として表はした量及び試片重量の増減をも併記した。第 1 表及び第 5、6 圖は其結果を示す。先づ 2 成分系に就て見るに、Fe は 1% 邊迄は多少腐蝕度を減少し、其の後は増加するけれども、直に飽和値に達し、それ以上加へても腐蝕度は増加しない。Cr は最初から腐蝕度が増加するけれども、直ちに飽和値に達す事 Fe と似て居る。Mg は最初から腐蝕度を増加し、遂に著しく大なる値に及ぶ。次に三成分系に就て見るに、Al に Mg を 2% 加へた合金は腐蝕度が大きいけれ共、之に Fe を 1% 加へれば著しく小さくなる。又 Al に Mg を 3% 加へ

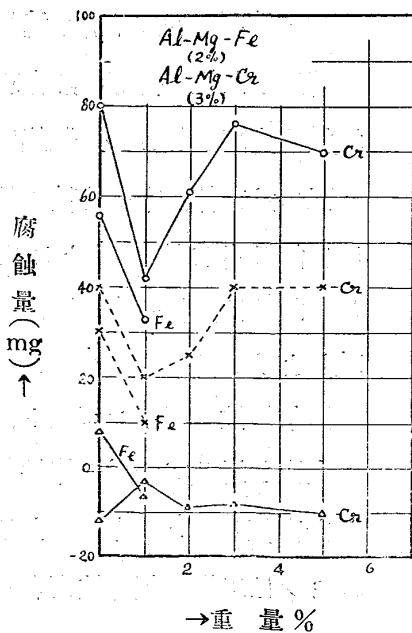
第 1 表 食鹽水に依る腐蝕に對する Fe, Cr, Mg の影響

合金	秤量した沈澱量	目分量で定めた腐蝕量	重量の増減 (+は増 -は減)
市販の純アルミニウム	0.0033gr.	10	+0.0002gr.
2 成分系			
Fe 1%	31	20	+ 6
3	68	20	- 7
5	53	30	+ 2
7	67	50	+ 1
Cr 1%	52	20	-15
3	88	40	-12
7	82	60	+ 4
Mg 1.5%	44	30	- 6
3	80	40	-12
5	160	100	-19
7	133	150	-11
3 成分系			
Mg 2%, Fe 0%	56	30	+ 8
" 1	33	10	- 6
Mg 3%, Cr 0%	80	40	-12
" 1	42	20	- 3
" 2	61	25	- 9
" 3	76	40	- 8
" 5	70	40	-10

第5圖 食鹽水に依る腐蝕に對する Fe, Cr, Mg の影響 1.



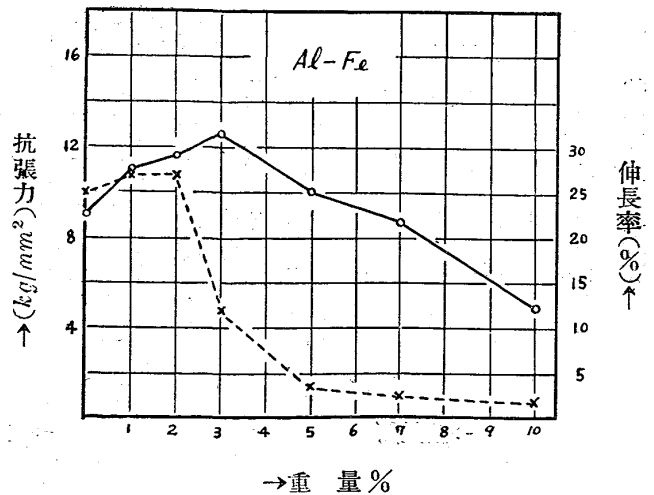
第6圖 食鹽水に依る腐蝕に對する Fe, Cr, Mg の影響 2.



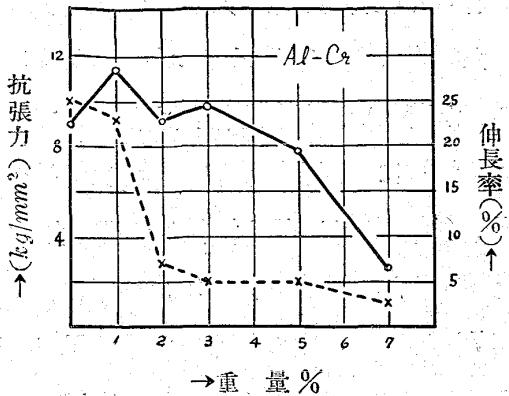
た合金も腐蝕度が著しく悪いけれ共、之に Cr を加へれば著しく改善される、乃ち Fe, Cr は單獨に Al に加へた場合よりも寧ろ Al と Mg との合金に加へた時の方が著しい耐蝕性を附與するものである。

機械的性質に及ぼす影響。次に鑄造合金に於て Fe, Cr, Mg が Al の機械的性質に如何なる影響を及ぼすかを研究した。2 成分系に就ての結果は第7圖乃至第9圖の如くである。Fe は 3% 迄は強さを増し、それ以上加へれば漸減する。2% 迄は伸長度も幾分増し、それ以後は激減する。Cr は 3% 迄は強さを幾分増し、それ以後は漸減する伸長度は 1% 以後は急激に減少する。Mg は 3% 迄は非常に強さを増し、それ以後は多少減少する。伸長度は最初は増加するけれ共、1% 以上加へれば漸減する。3 成分系に就ての結果は第 10、11 圖の如くである。Mg を 1% 加へた合金に更に Fe を加へれば、3% 邊迄は幾分強さを増す。伸長率は最初から漸減する。Mg を 3% 加へた合金に更に Cr を加へれば、2% 迄は強さも伸長率も減少しないで、その後漸減する。4 成分系に就ての結果は第 12 圖に示した如く、Mg 2% Cr 1% 加へた合金に更に Fe を加へると、1% 邊迄は強さも伸長率も著しく増加しその後は共に漸減する。

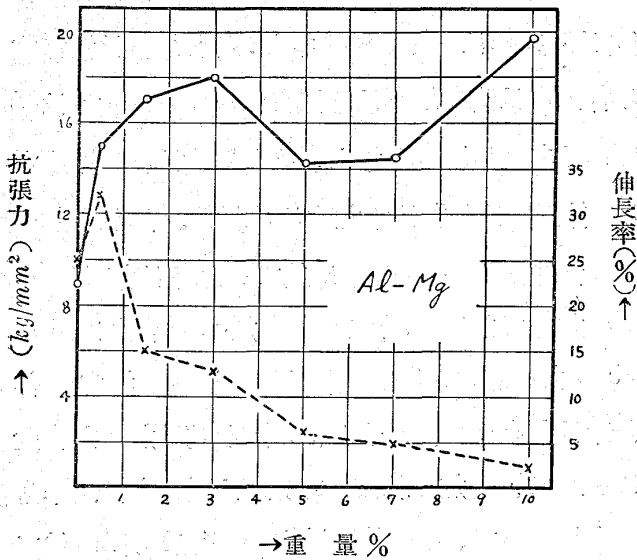
第7圖 機械的性質に及ぼす Fe の影響



第 8 圖 機械的性質に及ぼす Cr の影響

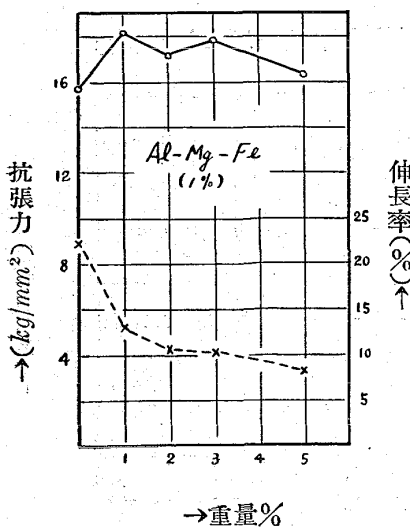


第 9 圖 機械的性質に及ぼす Mg の影響



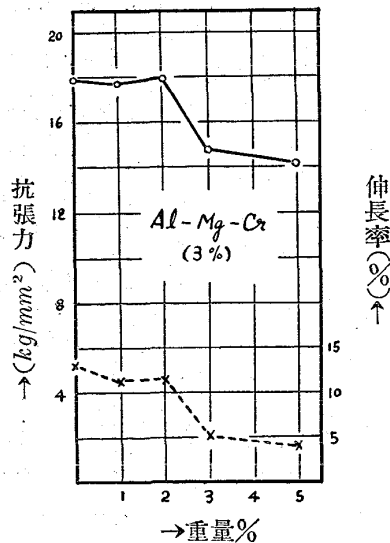
第 10 圖

機械的性質に及ぼす Mg+Fe の影響



第 11 圖

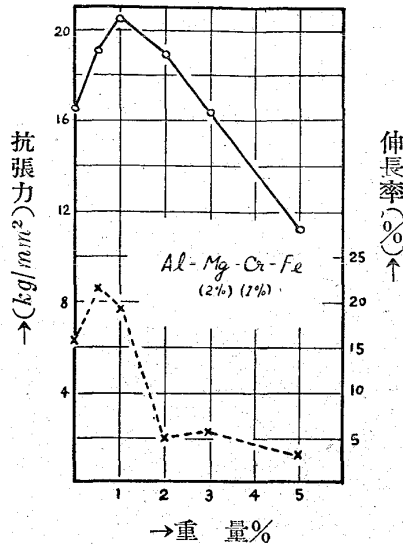
機械的性質に及ぼす Mg+Cr の影響



破砕面等に及ぼす影響。 衝撃的力を以て彎曲

第 12 圖

機械的性質に及ぼす Mg+Fe+Cr の影響



して折りたる試片の破砕面を見るに、Mg を 0.5 ~ 3% 加へたものは緻密で良好だ。Fe は 3% 迄は良好だけれ共、5% となれば著しく不良となり、7% 加へれば恰も方鉛礦の破砕面の如く

になる。Cr は 1% 迄は良好なれど 2% は不良となり、5% 加へれば方鉛礦の如くなる。Mg を 1% 加へておけば、Fe を加へる事 5% に達しても破砕面は相當に良好である。Al に Fe 又は Cr を 3% 以上加へたものは氣泡多くなりて鑄物には不適當となるけれ共、同時に Mg を 3% 加へて

置けば非常によくなる。

## II. 鑄物としてのクルミンと既知輕合金との比較(追加)

鑄造した儘で何等の熱處理又は機械的處理を施さない状態に於ての強さ並に伸長率の比較に就ては己に第 1 報に述べたところである。茲には其他の諸性質に就て比較しよう。

衝擊抵抗、インゴットは同一の金型を用ひて、同一條件で鑄造した直徑 30mm のものである。シルミンは工場の優秀技術者の手に

依つて完全に Modify して金型に鑄込んだものを用ひた。Izod 試験機に依る衝撃抵抗の値は第 2 表と第 13 圖とに示した如くである。圖に於ては抵抗の大小の順に並べてある。各 6 本宛試験した結果は常に殆ど同じ値を與へた。茲には只平均値だけを示してある。シルミンに就ては 24 本試験して常に殆ど同じ値を得た。純アルミニウムは最

も優秀にて、クルミンは之に次ぐ。シルミン Cu 8% 合金は不良で、デュラルミンと Y 合金とは最も劣る。

硬度。インゴットは衝撃試験に用ひたものと同じである。直徑 30mm の金型鑄造インゴットの中軸部と周邊に近い外側部分とを別々に試験した。各 2 回宛試験して平均を採つた。第 3 表と第 14

第 2 表 各種鑄造用輕合金の衝撃抵抗 (金型インゴット)

合金	衝撃抵抗 (kg/m)	合金	衝撃抵抗 (kg/m)
市販の純アルミニウム	3.19	シルミン	0.42
Mg 3% Al 殘部	1.23	KS-Seewasser	0.35
クルミン 240	1.19	Cu 8% Al 殘部	0.28
" 245	1.00	デュラルミン	0.21
Cu 2% Zn 1.25% Al 殘部	0.92	Y 合金	0.11
Cu 5% Zn 5% Al 殘部	0.63		

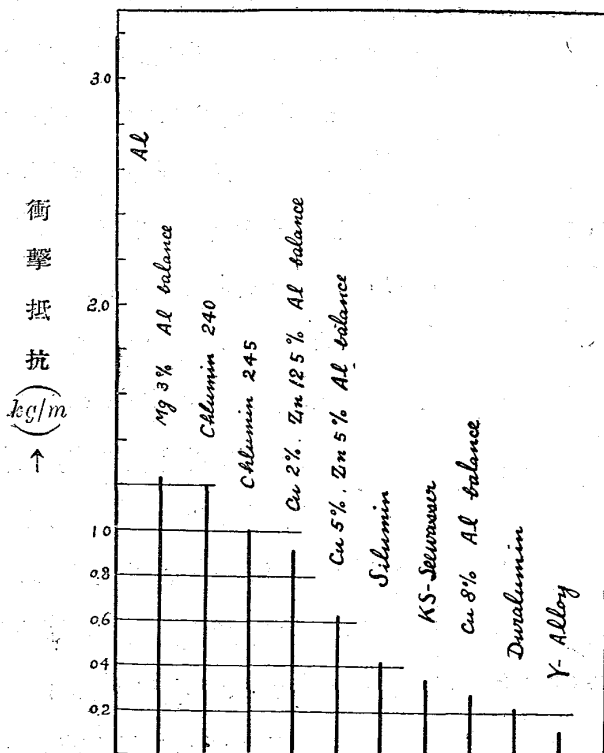
(Izod 試験機に依る)

第 3 表 各種鑄造用輕合金の硬度 (金型インゴット)

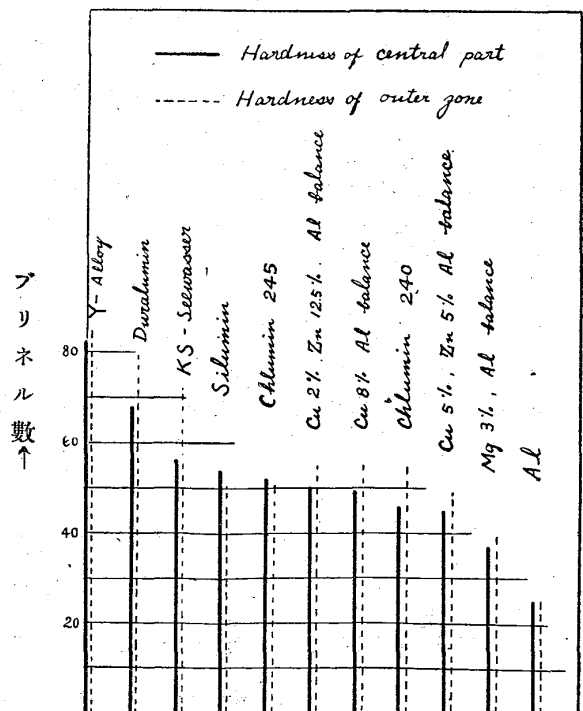
合金	ブリネル硬度數		合金	ブリネル硬度數	
	(中軸部)	外側		(中軸部)	外側
Y 合金	82(16)	85(15)	Cu 8.00% Al 殘部	49(11)	55(10)
デュラルミン	63(12)	79(13)	クルミン 240	46(11)	55(10)
KS-Seewasser	56(13)	72(12)	Cu 5.00% Zn 5.00% Al 殘部	45(10)	49(9)
シルミン	54(11)	50(10)	Mg 5.00% Al 殘部	37(8)	40(11)
クルミン 245	52(10)	51(10)	市販アルミニウム	25(5)	25(7)
Cu 52.00% Zn 1.25% Al 殘部	50(10)	55(9)			

(括弧内はショアー數)

第 13 圖 各種鑄造用輕合金の衝撃抵抗 (金型インゴット)



第 14 圖 各種鑄造用輕合金の硬度 (金型インゴット)



圖には中軸部の硬度の大小の順に並べてある。圖に於て點線は外側部の硬度を示す。Y合金は最も硬く、デュラルミン之に次ぎ、クルミン、シルミン、Cu 0.8% 合金等は中位で、純アルミニウムは最も軟かい。

高温度の強さと伸長率。インゴットは衝撃試験と同じものを用ひた。1本のインゴットを十文字に縦断して4本宛の試験片を作つた。各温度に於て2本宛試験して平均値を採用した。其の結果は第4表と第15圖とに示してある。Y合金は450°に至る迄最強の位置を保持するけれ共、伸長率は常に最も劣つて1-3%に過ぎない。クルミンは400°に至る迄強さに於てはY合金以外の如何なる合金にも優る。又伸長率は純アルミニウム以外の如何なる合金にも勝る。シルミン、Cu 8%合金は平凡である。デュラルミンは強さは相當であるが伸長率は非常に少い。Cu 2%、Zn 12.5%合金は常温では強いけれ共、温度上昇すれば著しく弱

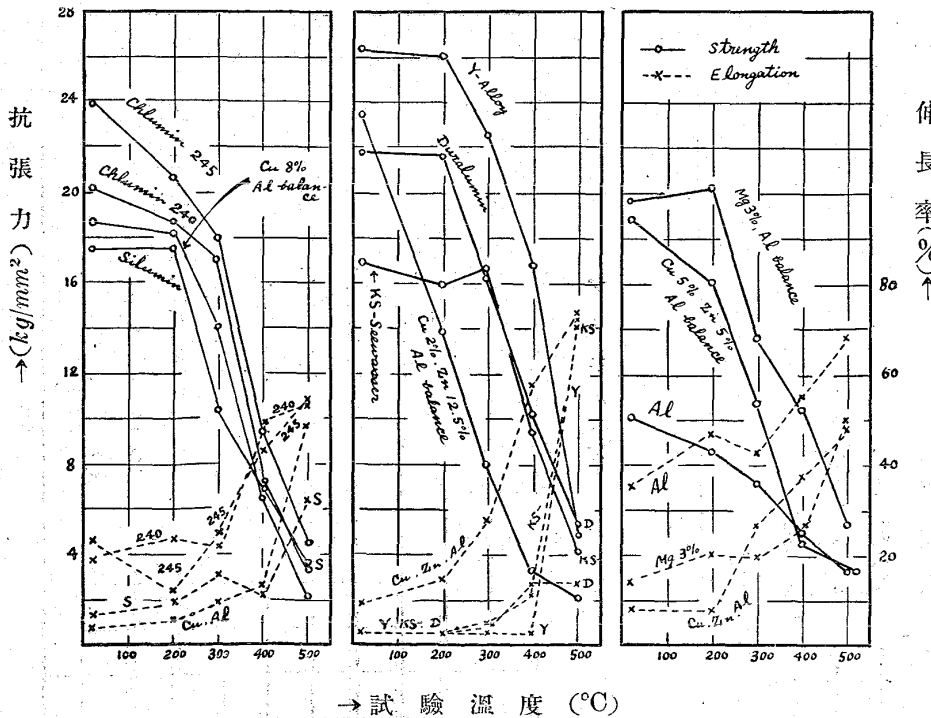
くなる。KSは強さも伸長率も良くない。500°になれば總ての合金が全く弱くなつて了ふ。

第4表 各種鑄造用輕合金の高温度に於ける強さと伸長率。(金型インゴット)

温度(°C)	常 温	200°	300°	400°	500°
合金					
クルミン 245	23.9 (21.4)	20.6 (10.5)	18.0 (24.8)	9.3 (42.4)	4.5 (54.3)
クルミン 240	20.2 (18.1)	18.5 (22.9)	17.0 (20.9)	6.8 (48.8)	3.6 (52.4)
シルミン	17.5 (6.2)	17.5 (9.5)	9.3 (14.3)	6.9 (10.2)	3.3 (31.0)
Cu 8% Al 殘部	18.8 (4.0)	18.2 (5.7)	14.0 (9.0)	6.4 (12.5)	2.1 (47.7)
Y 合金	26.3 (2.9)	26.6 (2.4)	22.5 (2.5)	16.8 (4.0)	4.8 (70.5)
デュラル ミン	21.7 (3.3)	21.5 (2.9)	16.2 (4.8)	10.1 (13.8)	5.3 (13.0)
KS- Seewasser	16.9 (5.3)	15.9 (2.4)	16.6 (4.5)	9.4 (11.0)	4.1 (72.4)
Cu 2% Zn 12.5% Al 殘部	23.4 (9.5)	14.8 (14.8)	8.0 (27.5)	3.3 (57.2)	2.1 (73.3)
Mg 3% Al 殘部	19.6 (13.8)	20.5 (10.0)	13.6 (19.0)	10.4 (25.0)	5.3 (49.1)
Cu 5% Zn 5% Al 殘部	18.8 (7.6)	16.2 (7.6)	10.7 (26.2)	4.6 (37.6)	3.3 (48.0)
市販純アル ミニウム	10.1 (34.8)	8.5 (46.5)	7.1 (45.2)	5.0 (55.0)	3.3 (68.1)

数字は抗張力 (kg/mm<sup>2</sup>)、括弧内は伸長率(%)を示す

第15圖 各種鑄造用輕合金の高温度に於ける強さと伸長率(金型インゴット)



彎曲強さと角度。イン

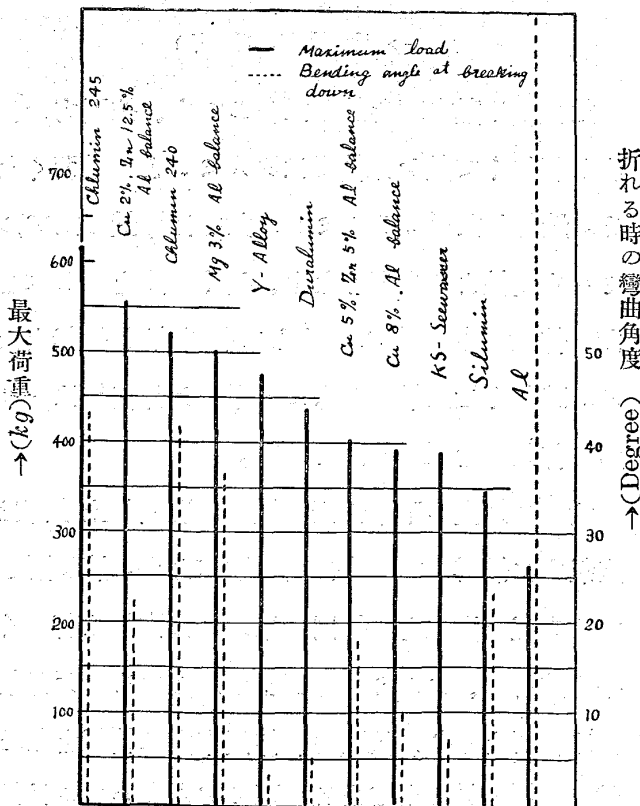
ゴットは衝撃試験に用ひたと同じものである。1本のインゴットから各2本宛の試験片を作り、常にその平均値を採用した。試験片のSizeは厚さ7mm、幅20mm、長さ凡そ120mmである。Ols n 試験機附屬の彎曲試験装置を少しく改造して、60mm 隔てたる2つの支點で支持し、中央部に壓力を加へて彎曲せしめた、試験片の堪へる最大荷重と

折れる時の角度とを測定した。第5表及び第16圖は最大荷重の大小の順に並べてある。彎曲角度は點線で示してある。

第5表 各種鑄造用輕合金の彎曲強さと角度 (金型インゴット)

合金	最大荷重 (kg)		平均	折れる時の彎曲角度 (Degree)		平均
	最大	平均		最大	平均	
クルミン 245	603	620	614	43°	"	43°
Cu2% Zn12.5% Al 殘部	553	552	555	21°	22°	22°
クルミン 240	575	461	518	45°	36°	41°
Mg3% Al 殘部	508	492	500	36°	"	36°
Y 合金	475	"	475	3°	"	3°
デュラルミン	426	444	435	5°	4°	5°
Cu5% Zn5% Al 殘部	426	364	400	21°	16°	18°
Cu8% Al 殘部	394	389	392	10°	"	10°
KS-Seewasser	389	385	387	8°	5°	7°
シルミン	313	376	345	21°	26°	24°
市販の純アルミニウム	263	"	263	180°	曲げても折れない	

第16圖 各種鑄造用輕合金の彎曲強さと角度 (金型インゴット)



クルミンは荷重も角度も著しく大きくて最良である。Y合金、デュラルミン、KS-Seewasserは角

度が著しく小さく、荷重も優秀ではない。シルミンは角度は相當大きいけれ共、荷重は小さい。Cu2%、Zn12.5%の合金は相當良好であるが、Cu8%の合金は良好でない。純アルミニウムは180°彎曲しても折れないけれ共荷重は最も小さい。

破断面。前と同じ金型インゴットを折つて破断面の良否を比較すれば次の如くである。

合金	品質	破断面	品質
クルミン 245	最良	デュラルミン	稍良
" 240	"	Cu3%、Al 殘部	"
市販アルミニウム	"	Cu5%、Zn5% Al 殘部	"
Y 合金	良	シルミン	"
Mg3% Al 殘部	良	KS-Seewasser	"
Cu2%、Zn12.5% Al 殘部	良		

寫眞第15は折れ口の最良及び良のものを示し、第16は稍良及不良のものを示す。クルミンと市販純アルミニウムとは最良でシルミンとKS-Seewasserとは不良で、其の他は普通である。

### III. 針金の耐蝕性追加)

各種の針金を5%食鹽水及び海水に浸漬して長期間放置した際に、腐蝕の爲に抗張力並に伸長率の減少する有様は前報告にも述べてあるが、茲には其後の結果と共に併記しよう。

最初から己に1ヶ年以上浸漬したものもある。實驗方法等は前報告の通りである。結果は第17、18圖に示してある。抗張力を表はすには常に荷重を最初の腐蝕しない時の斷面積で除す事にした。

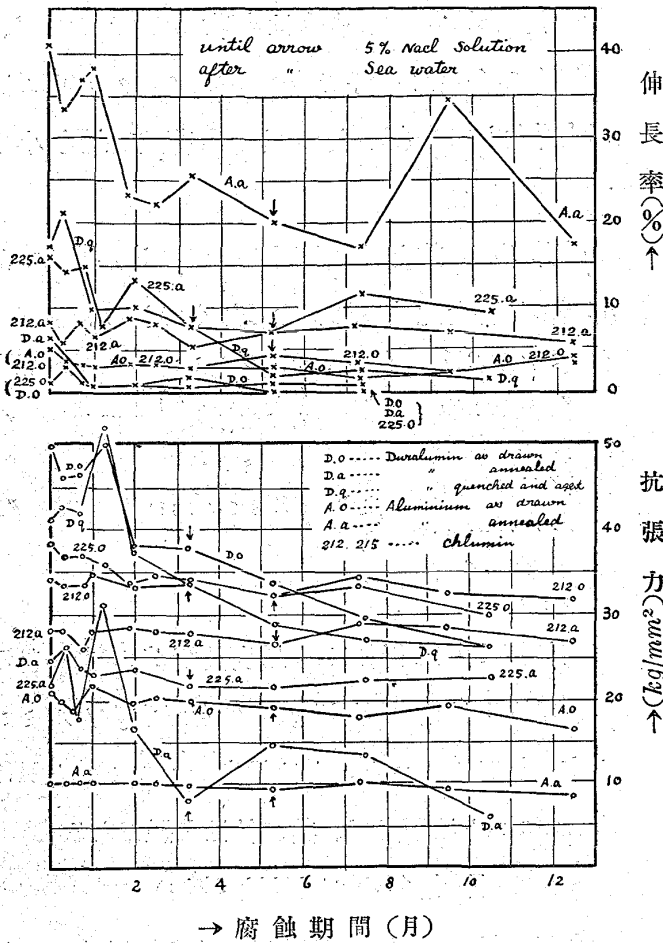
この結果を詳述すれば次の如くである。先づ全體を液中に浸漬した場合に就て述べよう。

市販純アルミニウム線。

購求した儘で焼鈍しないもの。抗張力は1年後にも凡そ2割減少するだけである。伸長率も僅かに減少するのみである。



第17圖 各種輕合金針金の食鹽水及び海水に依る腐蝕と機械的性質の遞減 (全體を液中に浸漬した場合)



300°C に1時間半焼鈍して緩冷したもの。1年後には抗張力に於て2割、伸長率に於て5割を失ふ程度である。

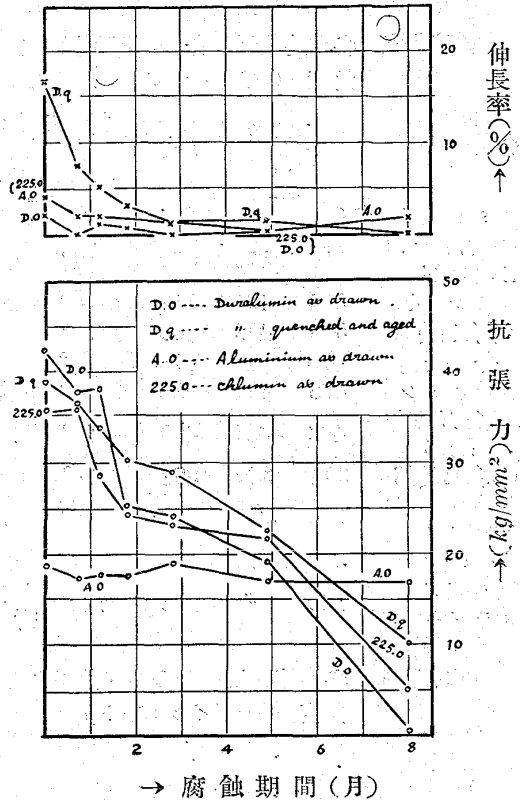
クルミン (212, 225) の線

製線した儘で焼鈍しないもの。1年後に失ふ所は抗張力に於て僅に1割乃至2割に過ぎない。伸長率は殆ど減らない場合もあり、又最初2%位あつたのが半年後には1%以下になる事もある。

300°C に1時間半焼鈍して緩冷したもの。1年後に於ても抗張力は殆ど減少しない。伸長率は少しも減らない事もあり、又3—4割減る事もある。

デュラルミン線。

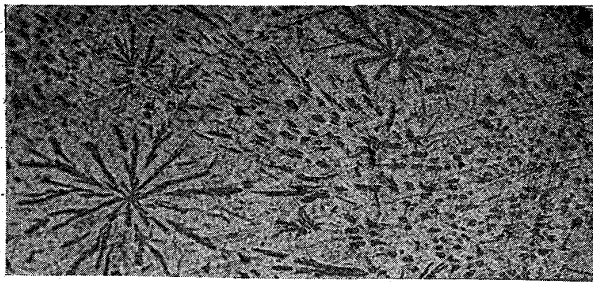
第18圖 各種輕合金針金の海水に依る腐蝕と機械的性質の遞減 (下半部だけを液中に浸して上半部は空気中に出て居る場合)



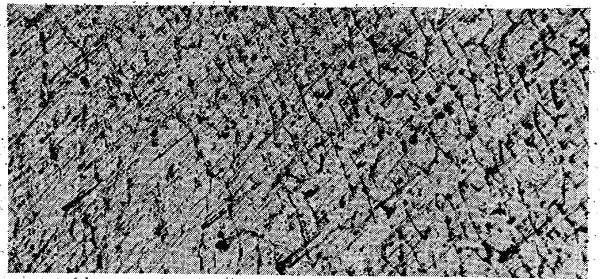
如何なる熱處理を施したのも、抗張力の減少が著しくて數ヶ月後にはクルミンよりも弱くなる。焼鈍したデュラルミンの如きは焼鈍したアルミニウム線よりも弱くなり、全く不良と云ふべきだ。伸長率も急激に減少して間も無く皆無となる。時効させた最良のものでも數ヶ月後には1—2%の伸長率を保つに過ぎない。

次には針金の下半部だけ液中に浸漬し上半部は空氣中に暴露した場合に就て述べよう。液面附近では空氣と海水との協同作用の爲に腐蝕は著しく早く進行し、クルミンもデュラルミンも數ヶ月後には脆弱となり、抗張力、伸長率共に皆無となる試片も屢々見る所である。獨りアルミニウムは抗張力も伸長率も餘り減少しない。

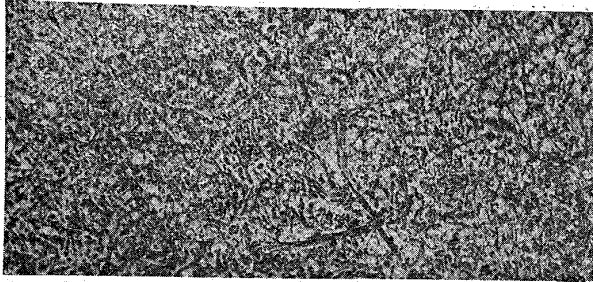
IV. 製造



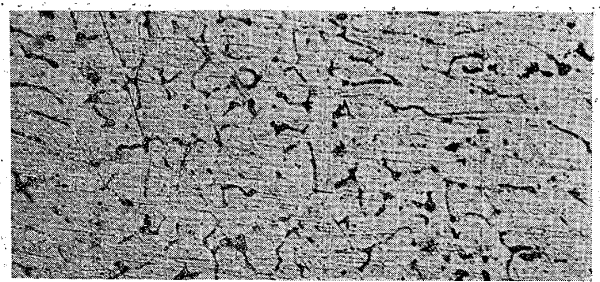
寫眞第 1  $\times 100$   
 $Fe\ 7.93\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $FeAl_3 + Eutectic$



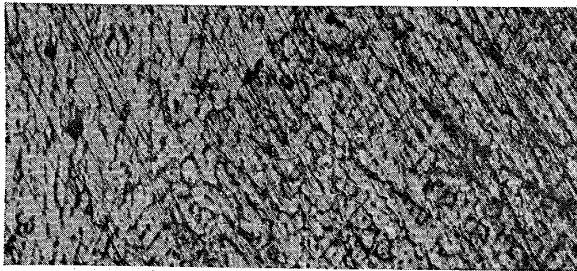
寫眞第 6  $\times 100$   
 $Cr\ 1.53\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $Eutectic$



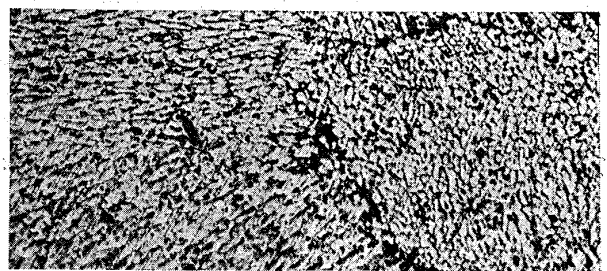
寫眞第 2  $\times 100$   
 $Fe\ 4.13\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $FeAl_3 + Eutectic$



寫眞第 7  $\times 100$   
 $Mg\ 3\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $\alpha$



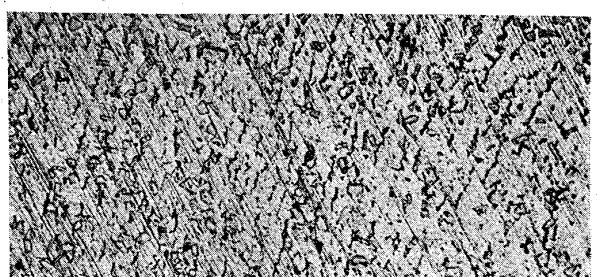
寫眞第 3  $\times 100$   
 $Fe\ 1.07\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $Al + Eutectic$



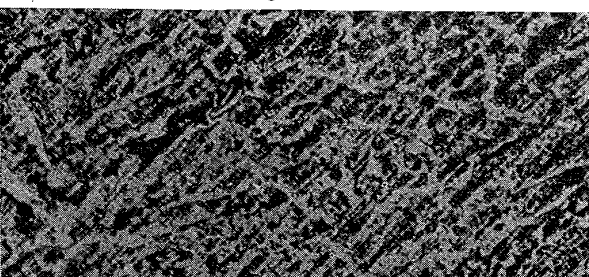
寫眞第 8  $\times 100$   
 $Mg\ 3\%$   $Fe\ 2.13\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $Eutectic$



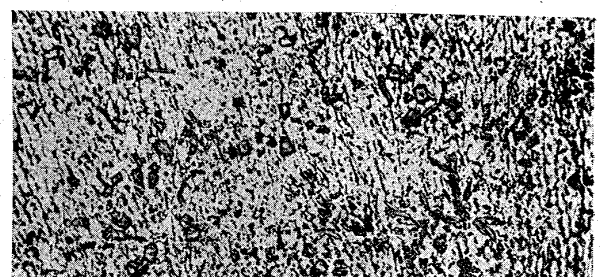
寫眞第 4  $\times 100$   
 $Cr\ 7.21\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $AlCr_3 + Eutectic$



寫眞第 9  $\times 100$   
 $Mg\ 3\%$   $Cr\ 2.38\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $AlCr_3 + \alpha$



寫眞第 5  $\times 100$   
 $Cr\ 4.80\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $AlCr_3 + Eutectic$



寫眞第 10  $\times 100$   
 $Mg\ 3\%$   $Fe\ 2.64\%$   $Cr\ 2.75\%$   $Al\ balance\ as\ Cast$   
 $AlCr_3 + Eutectic\ (\alpha + FeAl_3)$

實地の製造。使用に就て前報告に洩れた點を次に述べよう。

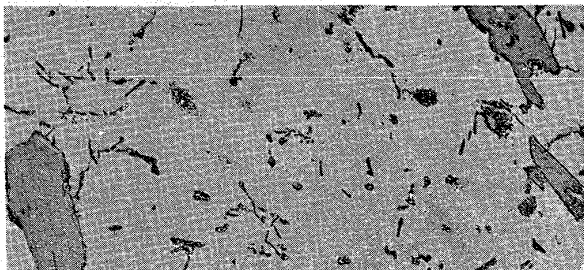
鑄物。普通の輕合金に関する經驗ある鑄造技術家はクルミン鑄物製造に當つて最初から餘り困難を感じない。數回實驗すれば鑄造容易となり、相當肉薄物でも、肉の厚薄の差の著しいものでも、複雑の形のものでも出来る。製品は強さ伸長率共に海軍一號規格に及第し、伸長率、衝擊抵抗、彎曲角度共に著しく大きい爲に落下試験の結果は極めて良好である。耐水壓も良好である。切削作業も申分ない。

壓延物。常溫でも高温でも伸長率が大きな爲に鍛鍊が非常に容易であつて、デュラルミンや Y

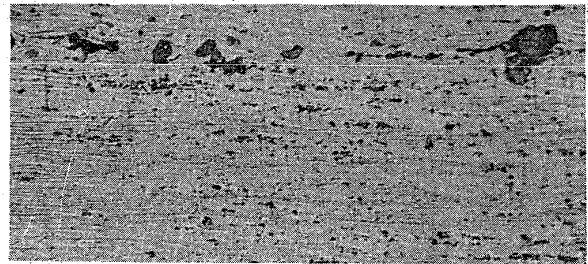
合金の比でない。如何なる形にでも鍛造出来る。壓延して薄板を作る事もデュラルミンに比して遙に容易である。厚さ 0.8 mm 及び 3.0 mm、幅 3 尺、長さ 6 尺の板を工業的に製造して實際に使用して居る。デュラルミンより稍弱いけれども、アルミニウムの 2 倍の強さを持ち、加工、使用が著しく樂である。

終りに臨んで實驗を擔當したる研究室の諸君、工業的製造を實行して下さつた古河電氣工業株式会社、三菱航空機株式会社、並に衝擊試験を援助せられし三菱造船株式会社神戸造船所に厚く感謝の意を表す。

昭和 6 年 10 月 9 日 三菱造船株式会社研究所に於て稿



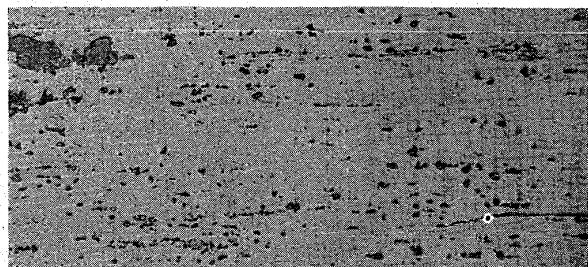
寫眞 第 11 Chlumin as Cast  $AlCr_3 + FeAl_3 + \alpha$



寫眞 第 13 Chlumin as Rolled



寫眞 第 12 Chlumin 400° 1 h, Quenched  $AlCr_3 + FeAl_3 + \alpha$



寫眞 第 14 Chlumin 400° 1 h, Quenched

寫眞 第 15 鑄造用各種輕合金の破碎面  
(金型インゴット)

Aluminium Chlumin 240 Chlumin 245



Y-Alloy 203 Mg 3% Al balance Cu 2% Zn 12.5% Al balance

寫眞 第 16 鑄造用各種輕合金の破碎面  
(金型インゴット)

Duralumin Cu 8% Al balance Cu 5% Zn 5% Al balance



Silumin KS—Seewasser