高純度アルミニウムマグネシウム合金の研究(第1報)

Reflectal 合金に就て

STUDY ON THE Al-Mg ALLOYS BASED ON HIGHT-PURITY ALUMINUM (Part 1)

On the "Reflectal" Alloy

川 島 浪 夫*
NAMIO KAWASHIMA
中 村 雄 造
YUZO NAKAMURA

Recently, the Al-Mg alloy based on high-purity aluminum are used for reflectors, utensils, fittings, dentistry and jewellery in abroad.

Electrolytically polished and anodized high-purity aluminum (99.99% up) has excellent reflection properties, but its strength is too low to use for them. It is said that an addition of 0.3 - 1.0% Mg improves its strength without deteriorating the reflection properties and corrosion resistance. These alloys are called as Reflectal, Lurium and etc.

In this paper the properties of Raffinal, Reflectal 0.5, Reflectal 1.0 and other alloys are compared with those of 99.7% Al to ascertain the effect of Mg addition.

金属を電解研磨したものは各波長の光に対し特有の反射能を有するわけであるが、各種の金属に対し Fig. 1 に示す様な傾向が知られている⁽¹⁾。即ち可視線部の波

長の範囲(0.4~0.8 μ)に於ては反射率は Ag が最高で Al が之についているが、紫外線部に於ては Ag よりも Al の方が著しく高い。

已に高純度アルミ板について電解研磨すると素晴らしい反射能を有し之に軽い陽極酸化を行い各種の反射鏡として使用されて居り、その寿命も相当長く保証されている。然し乍ら 99.99% Al では何分にも極軟質であり、且結晶粒が粗大で絞り加工に適

せず従つてその利用面に於て制約を受けざるを得ない。この点を改善したものが Reflectal でその成分は 99.99% Al に Mg を 0.3~2% の範囲で添加したものである。

Fig 1 Variations of Reflectivities of Various Metals against Wave Length.

* 東洋アルミニウム株式会社取締役工場長工学博士
Toyo Aluminium K. K.

又この種の合金が Brillalumag, Lurium 等の名称で欧米では最近盛んに反射鏡、装身具、歯科用等に使用されており、高純度アルミ及びその合金の反射鏡に関する研究も最近多数発表されている。^{2)~11)}

そこで 99.99%Al 及び 99.9%Al に Mg を少量添加した合金について機械的性質、耐蝕性等について検討を試みた。

Table 1 Chemical Compositions of Specimen

No.	Material	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Al(R)
1	99.99%Al	0.003	0.002	0.	—	0.	—	99.995
2	// + 0.5%Mg	0.005	0.004	0.	—	0.510	—	99.481
3	// + 1 %Mg	0.004	0.006	0.	—	0.940	—	99.050
4	99.9%Al	0.024	0.022	0.013	—	0.010	—	99.931
5	// + 0.5%Mg	0.025	0.018	0.013	—	0.610	—	99.934
6	// + 1 %Mg	0.033	0.022	0.013	—	0.890	tr	99.042
7	99.7%Al	0.160	0.14	tr	tr	tr	tr	99.700

試料及び試験方法

純度 99.99%の高純度アルミに Mg 0.5%及び 1.0%添加して 1kg Slab に Cast した。その铸造条件は湯温約 800°C 铸込温度約 760°C 铸型温度 280~300°C である。尚 99.9% Al 及び Mg 0.5 及び 1.0%加えたもの 99.7% Al も之と同様な条件で Slab を作った。これらの成分は Table 1 に示す通りである。

これらの Slab を次の如く圧延した。

30% 厚 1kg Slab →両面 1% 面削 →焼鈍(430° × 7hrs)
→Cold Roll. 6% →軟化 (420° × 8hrs) →Cold Roll 0.4%

之等の試料を圧延の儘、各温度に 1hr 電気炉にて軟化空冷して硬度を測定し(微小硬度計 50 g wt) 軟化曲線を求め先づ再結晶温度を検討した。更に抗張力伸を測定し (500kgs Shopper type の引張試験機) 軟化曲線を求めた。

又エリクゼン試験も行つてその値と肌荒状況を観察した。更に各軟化材のマイクロ組織について検討した。

反射能については Fig. 2 に示す様な測定装置を使用した。

即ち Stabilizer として比色計用のものを利用し、その光源よりの光を、始め直線的に Photo Cell に受けて lux meter を読み更に図の様に lux meter とを 90° 方向に廻して試料面に 45° の方向から光束を投射し之を受

けたときの lux meter の読みを取りその比を求めて反射率とした。

試料は Cr₂O₃ 粉を添加した約 3% H₃PO₄ にて酸化

Fig. 2 Apparatus for Measurement of Reflectivity

皮膜を除去し次いで無水醋酸、過塩素酸 (78 : 22) 中にて D. C. 5A/dm² にて 10 分間電解研磨を行つた。又は之に陽極酸化 (H₂SO₄ 5% D. C. 10V) を行つた。尚之等の耐蝕性については HCl, NaOH 中にての腐蝕減量を測定した。

試験結果

1) 再結晶温度

硬度曲線は Fig. 3, 4 に示す如くである。之から再結晶完了温度で求めると次の通りである。

99.995% Al 300°	+ 0.5% Mg 320°	+ 1% Mg 320°	
99.9% Al 320°	+ 0.5 Mg 340°	+ 1% Mg 340°	99.7 280°

Photo. 1 Result of Erichsen Test

Mg 添加による再結晶温度への影響については著者等¹²⁾ の前の結果と同様に之を上昇させる傾向がある。

2) 機械的性質

抗張力、伸についての軟化曲線は Fig. 5~8 に示す通りである。又参考迄に文献⁹⁾ による Raffenal, Reflectal の機械的性質を Table 2 に示して置いた。

硬度機械的性質については 99.99% Al に Mg

Fig 3 Annealing Curves of 99.99% Aluminium and Reflectal Alloys

Fig. 4 Annealing Curves of 99.9% Aluminium, Its Alloys Added Magnesium and 99.7% Aluminium.

Fig.5 Annealing Curves of 99.99 % Aluminium and Related Alloys.

(Tensile Strength - Annealing Temp.)

Fig. 6 Annealing Curves of 99.9% Aluminium, Its Alloys Added Magnesium and 99.7% Aluminium.

(Tensile Strength - Annealing Temp.)

Fig. 7 Annealing Curves of 99.99% Aluminium and Reflectal Alloys.
(Elongation—Annealing Temp.)

Fig. 8 Annealing Curves of 99.9% Aluminium, Its Alloys Added Magnesium and 99.5% Aluminium
(Elongation—Annealing Temp.)

添加により予想通り向上し 0.5% では 2S, 1%では 3S の硬度のものが得られる。

エリクゼン値はFig. 9に示す如く H材、O材共に概して Mg 添加により低下する。但し 99.99% Al O材は著しい肌荒れ (Orange peel)を生じている。

之に対して Mg を添加したものは 0.5%で Orange peel は消えているし (Photo. 1参照) 2S 程度の抗張性となるので絞り加工性は著しく改善されることが判る。

3) 顕微鏡組織

軟質材(350°×1hr 加熱空冷)の各試料に於て 99.99% Al はかなり結晶粒は大きい(ϕ 0.138 μ m)が 0.5% Mg の添加で相当細か(ϕ 0.49 μ m)になり 1%で更に幾分細か(ϕ 0.046)になっている。

然し 99.9% (ϕ 0.053 μ m) では Mg 0.5%、1%添加で僅かに細か(夫々 ϕ 0.046, 0.038 μ m)になる程度である。

即ち 99.99% Al に 0.5% Mg を添加すれば 99.9% Al の結晶粒よりも稍々小さくなっているのて絞り加工性も改良される事が窺はれる。

4) 反射率

測定結果を Fig. 10 に示す。

平均曲線を見ると電解研磨の儘では硬質 99.99% Al は98%に反

Table 2 Mechanical Properties of 99.99% Al, 99.5% Al and "Reflectal"

Material	Condition	Tensile Strength kg/mm ²	Elongn %	B. H. N. kg/mm ²
99.99% Al	O	6.2	43.0	16~19
	$\frac{1}{2}$ H	7.7	19.7	20~24
	H	11.9	7.2	28~32
99.99% Al+0.5% Mg (Reflectal 0.5)	O	8.8	29.9	25~28
	$\frac{1}{2}$ H	11.6	7.8	34~36
	H	14.7	5.7	40~42
99.99% Al+2.3% Mg (Reflectal 2)	O	18.4	30.0	41~44
	$\frac{1}{2}$ H	26.0	4.6	68~72
	H	33.5	3.5	84~86
99.5% Al	O	8.0	30.0	18~23
	$\frac{1}{2}$ H	10.0	12.0	26~30
	H	15.5	6.5	35~40

(after Helling and Henzig)

Photo. 2 Microstructure of High Purity Aluminums, Its Alloys and 99.7% Aluminum (Annealed for 1hr at 350°)

Fig. 9 Result of Erichsen Test of High Purity Al and its alloy sheet

Fig. 10 Influence of Mg on the Reflectivity of the High Purity Aluminiums.

射率を有し、Mg 0.5%で約95.5%、Mg 1%で92.5%に低下する。完全軟化(350°×1hr)したものについて夫々95.5%、93%、91%と略々硬質材と平行的に低下している。

之を前記の様な条件でアルマイト処理をすると反射率はどれも数%低下するが、硬質材では Mg 0.5%添加のものは余り下らない様である。(93.5%)

従つて Mg 添加により全然反射率の低下がないとは云

えないが、軟質材を用いるとしても Mg 0.5%ならばこの実験からはアルマイト処理でも58%以上の反射率は保証出来るわけである。

次に99.9% Al では電解研磨で硬質材の反射率は97%を示し Mg の添加量と共に低下する。軟質材も之より幾分か低いが Mg 1.0% のものでは硬質材も略々同程度になる。

之等をアルマイト処理すれば何れも之より低下することは前と同様である

るが、99.9% Al ~ Mg 添加の場合よりもその低下は稍々大きい。

結局アルマイト処理後に於ては硬質材では 99.9% Al に 0.5% Mg を添加したものは 99.9% Al に何も添加しないものより幾分反射率は高く、軟化材では両者は略同値と見てよい。

尙現在99.7% Al 板が反射鏡にも使用されているので 99.99%、99.9%、99.7% Al の反射率の比較を試みた結果を Fig. 11 に示した。即ち軟質材のアルマイト処理後のものでは夫々93%、88%、80%であつた。

5) 耐食性

Fig. 12, Fig. 13 に試験結果を示す。

即ち HCl に対する耐蝕性 (20% HCl, 22°×3 hrs) は99.99% Al は O, 1/2H, H材何れも Mg の添加と共に僅かに劣化する程度である。99.9% Al では Mg の添加量と共に耐

蝕性は低下する傾向にある。

NaOH に対する耐蝕性は全体の傾向として 99.99% Al も 99.9% Al も Mg 添加により向上し、何れも 0.5%添加のものが最もよい。

今 99.99% Al + 0.5% Mg は 99.9% Al に比較してみると HCl に対しても NaOH に対してもかなり耐蝕性は優秀である。

Fig. 11 Relation between Reflectivity and Purity of Aluminum

Fig 12 Result of Corrosion Test by HCl.
(20% HCl, 22 $\times$ 3 hrs)

Fig. 13 Result of Corrosion Test by NaOH
(3% NaOH, 22 $\times$ 3 hrs)

結 論

以上の結果を総合して実用的見地から結論すると、次の様なことが云える。

- 1) 軟質材のアルマイト処理後のものゝ反射率は 99.99% Al, 99.99% Al + 0.5% Mg, 99.99% Al + 1.0% Mg, 99.9% Al で夫々 93, 87, 85, 87% の値を示している。
- 2) 軟質材 99.99% Al + 0.5% Mg は 99.9% Al に比較して、抗張力、硬度の点では同じ程度であるが、伸エリクゼン値では少々低い。従つて絞り加工性は幾分おちると思われるが、99.9% Al より強度の大なるものが得られる。即ち 99.99% Al + 0.5% Mg, 99.9% Al では夫々 9kg/mm², 7.5kg/mm² である。尚 99.99% Al + 1.0% Mg は 12kg/mm², 即ち 3S 程度の強度をもっている。
- 3) 耐蝕性については軟質 99.99% Al + 0.5% は Mg 99.9% Al に比較して HCl 耐蝕性も NaOH 耐蝕性も相当優秀である。

要するに 99.99% Al その儘では絞り加工性も悪く、強度も弱いがこれに Mg を添加した Reflectal Alloy ならば強さも 2S, 3S 程度となり加工も容易で従つて強度、耐蝕性をより要求される場合は 99.9% Al よりもこの方が推奨される。

それ故サーチライト、航空機の着陸燈、鋇山燈、汽関車、自動車のヘッドライト等の反射鏡として最適である。又ブローチ、灰皿、ライター、口紅容器、ボタン、バッチ、宝石等の実用品装身具としての用途も今後益々広まるものと信ずる。

- (1) Schenk; Werkstoff Aluminium und seine anodische Oxidation, 699~714.
- (2) Hase; Aluminium, 24 (1942) 140~141.
- (3) R. Schnell; Leicht metal Inform-Dienst, No. 2, 1/2 (1949) 11~16.
- (4) S. M. Lawrence; Sheet Metal Industries, 28, No. 286, Feb (1951) 141~145.
- (5) R. G. Weigel; Aluminium, 27, No. 1, Sept. (1951) 17~20.
- (6) J. Herenguel; Metallurgia Italiana, 43, Feb. (1951) 72~73.
- (7) 中山:「軽金属」No. 1, 61.
- (8) W. Helling & H. Neunzig; Metall (G), Oct. (1951) 424.
- (8) Modern Metals, April (1953) 90.
- (10) American Metal Market, 60, No. 83, May 1st (1953).
- (11) 国本:「軽金属」No. 1(1951)47, No. 2(1952)127
- (12) 川島, 中村, 日本金属学会誌 B-16-1 (1952) 26.

(追 記)

(Photo. 1)

1.....99.99%Al	2.....99.99+0.5%Mg
3.....〃+1%Mg	4.....99.9%Al
5.....〃+0.5%Mg	6.....〃+1%Mg
7.....99.7%Al	

(Photo. 2)

1.....99.99%Al (φ0.138 _m)
2.....〃+0.5%Al (φ0.049)
3.....〃+1%Al (φ0.046)
4.....99.9%Al (φ0.053)
5.....〃+0.5%Al (φ0.046)
6.....〃+1%Al (φ0.038)
7.....99.7%Al (φ0.043)
()Grain Size

(P56より)

参 考 文 献

- 1) 田 島 栄; 電気化学 12, 221 (1944)
- 2) 室町 繁雄; 日本金属学会講演概要 (1951-10)
- 3) P. A. Jacquet; Compt rend 204, 1232 (1937)
Metallurgist (Suppt to Enginner)
April 29. P116 (1938)
- 4) 田 島 栄; 電気化学14, 129(1946) 日特許171,
886 金属17No. 4 (1947)
- 5) 伊 沢 呂; 日本金属学会講演概要 (1950-10)
日特許11069.
- 6) 田 島 栄; 中央航空研究所研究所速報 (1944)
- 7) Hedges ; 金属及び合金の防蝕、Alの陽極処理
(1936)
- 8) 呂 ; 金属誌 21 (1951)
- 9) Al. Desy and H. Haemers, Stakle and Eisen 61.
185 (1941)
- 10) H. Pary ; I. Igelsud and G. L. Simard
- 11) 田 島 栄; 電気化学 14-32 (1945)
〃 金属誌 17-26 (1947)
〃 電気化学 15-17 (1947)
〃 金 属 17-26 (1947)
〃 〃 〃 21-1 (1951)
- 12) 木村、福島; 都立工業奨励館化学研究報告
No. 13 (1950)
- 13) 川崎、大形; 電気化学 19-2 (1951)
- 14) 早 坂; 日本特許 3863 (1951)
- 15) 伊 沢 呂; 日本特許公報 (1951)