

第1表 代表的なアルミニウム合金の成分と用途

区分	合金名 ¹⁾	化学成分 ²⁾ (%)									その他 不純物	通用 ³⁾
		Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ni	Ti		
展伸材	2S ⁴⁾	0.20	(5)	(5)	0.05	—	0.10	—	—	—	0.05	S, W, B, R, F
	3S	0.20	0.60	0.70	1.0~1.5	—	0.10	—	—	—	0.05	S, W, B, R, F
	4S	0.20	0.30	0.70	1.0~1.5	0.8~1.3	0.10	—	—	—	0.05	S
	14S	3.7~5.0	0.5 1.2	1.0	0.4~1.2	0.2~0.8	0.25	0.10	—	(6)	0.05	S, E, F
	17S	3.5~4.5	0.80	1.0	0.4~1.0	0.2~0.8	0.10	0.10	—	—	0.05	S, W, B, R
	A17S	2.2~3.0	0.80	1.0	0.20	0.2~0.5	0.10	0.10	—	—	0.05	R
	24S	3.8~4.9	0.50	0.50	0.3~0.9	1.2~1.8	0.10	0.10	—	—	0.05	S, W, E, E, R
	A51S	0.35	0.6~1.2	1.0	0.20	0.45~0.8	0.25	0.15~0.35	—	0.15	0.05	S, F
	52S	0.10	(7)	(7)	0.10	2.2~2.8	0.10	0.15~0.35	—	—	0.05	S, W, B, R
	53S	0.10	(8)	0.35	—	1.1~1.4	0.10	0.15~0.35	—	0.15	0.05	E, R
	56S	0.10	0.30	0.40	0.05~0.20	4.9~5.6	0.10	0.05~0.20	—	—	0.05	W, R, S
	61S	0.15 0.40	0.40~0.8	0.70	0.15	0.8~1.2	0.20	0.15~0.35	—	0.15	0.05	S, W, E, E, R
	63S	0.10	0.2~0.6	0.35	—	0.45~0.85	0.10	0.10	—	0.10	0.05	E
	75S	1.2~2.0	0.50	0.70	0.30	2.1~2.9	5.1~6.1	0.15~0.40	—	0.20	0.05	S, W, B, E
鑄物材	13	0.10	10.0~13.0	0.60	0.30	0.10	0.10	—	—	0.20	0.05	Sand, P, D.
	43	0.10	4.5~6.0	0.80	0.30	0.05	0.20	—	—	0.20	0.05	Sand, P.
	108	3.5~4.5	2.5~3.5	1.0	0.30	0.03	0.20	—	—	0.20	計0.30	Sand
	A132	0.50~1.5	11.0~13.0	1.3	0.10	0.70~1.3	0.10	—	2.0~3.0	0.20	0.05	P.
	142	3.5~4.5	0.60	0.80	0.10	1.2~1.8	0.10	—	1.7~2.3	0.20	0.05	Sand, P.
	195	4.0~5.0	R. 2	1.0	0.30	0.03	0.30	—	—	0.20	0.05	Sand
	214	0.10	0.30	0.40	0.30	3.5~4.5	0.10	—	—	0.20	0.05	Sand
	220	0.20	0.20	0.50	0.10	9.5~10.5	0.10	—	—	0.20	0.05	Sand
	356	0.20	6.5~7.5	0.50	0.10	0.20~0.4	0.20	—	—	0.20	0.05	Sand, P.
	360	0.60	9.0~10.0	2.0	0.30	0.4~0.6	0.50	—	—	—	0.20	D.

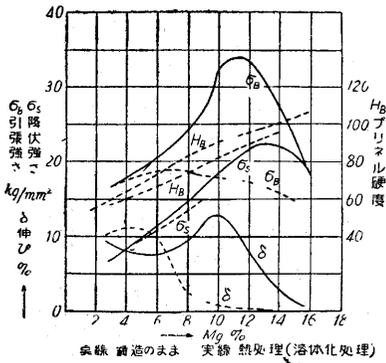
- 合金番号の後の S は鍛錬用合金を示す。
- 成分範囲を示さないものは許容量の最大限である。
- 通用欄の記号 S; 板 w; 線 B; 棒 E; 押出型材 R; 鋳材 F; 鍛造材 Sand; 砂型鑄物 P; 金型鑄物 D; ダイ鑄物。
- Al>99.0%。
- Fe+Si<1.0%。
- 鍛造材には Ti 0.15% が許容される。
- Fe+Si<0.45%。
- Si は Mg の 45~65%。
- Fe の許容量 砂型鑄物は 0.6
金型鑄物は 1.0
ダイ鑄物は 2.0

第2表 3% 食塩水による腐食試験結果

腐食法	合金	腐食前		1 月		3 月		24 月	
		引張強さ Kg/mm ²	伸 %	引張強さ Kg/mm ²	伸 %	引張強さ Kg/mm ²	伸 %	引張強さ Kg/mm ²	伸 %
一日交互乾燥	52S	24.4	3.1	24.0	2.9	23.5	2.4	21.7	2.9
	56S	37.2	6.4	37.8	6.4	36.9	4.7	33.7	6.5
	軟鋼	41.8	18.6	36.8	18.2	37.4	14.9	22.9	5.1
	60/40 黄銅	44.1	11.9	43.7	11.3	43.3	10.9	—	—
牛浸	52S	24.4	3.1	24.2	3.1	23.2	3.0	18.0	2.9
	56S	37.2	6.4	37.7	6.3	36.8	5.5	31.1	4.2

第3表 5.85% NaCl+0.3% H₂O₂ 水溶液による促進腐食試験結果

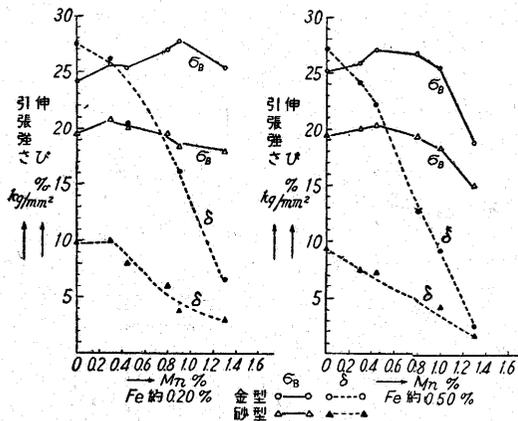
合金名	52S-O	ND-O	軟鋼	60/40 黄銅	56S-H	52S-H	A51S-O	3S-O	2S-O
腐食前	引張強さ Kg/mm ²	19.3	23.9	31.6	41.4	44.8	29.1	12.1	10.5
	伸 %	25.4	12.4	32.1	19.7	3.5	2.8	33.4	29.9
1 月腐食	引張強さ Kg/mm ²	18.4	15.9	29.0	30.1	44.0	28.9	11.7	10.5
	伸 %	24.5	5.0	23.3	15.0	2.4	2.6	26.0	26.7
2 月腐食	引張強さ Kg/mm ²	18.1	14.3	23.5	28.4				
	伸 %	19.6	2.3	15.1	14.8				



第 1 図 Al-Mg 合金の機械的性質 (L. W. Kempf)

る。この最も良好な範囲 (約 10% Mg) をとつたものが鋳物材の 220 であり、JIS にも船用アルミニウム合金鋳物第 2 種とされている。また鋳造のままでも最も良好な性質を示す範囲 (約 4.5% Mg) のものが鋳物材 214 (JIS 船用アルミニウム合金鋳物第 1 種) であり、展伸材として用いられれば 56S になる。展伸材の 52S はマグネシウムが完全にアルミニウムの中に固溶している成分 (2.5% Mg) を標準とした合金である。

このアルミニウム-マグネシウム系の合金は耐食性を主としたものであるから、この耐食性を明らかに害する不純物としての鉄、銅の混入は当然避けなければならない。マンガンについては、マンガンがアルミニウムと結合して作る金属間化合物 Al_6Mn が鉄をその中に固溶することによつて鉄の悪い影響を緩和する作用は従来知られていたが、この系統の合金についての実験的証明が不十分であつたので、JIS 船用アルミニウム合金鋳



第 2 図 Al-5% Mg 鋳物合金におよぼす Fe, Mn の影響

物第 1 種の合金規格制定に当り、その成分範囲決定に苦慮したのである。当時著者はこの合金に対するマンガンの影響に関する実験的研究を行つてこの問題を解決したのであるが、この研究の詳細については「軽金属」誌第 3 号⁶⁾ に発表済みであり、こゝに詳細を述べることを省くが、マンガンを加えた場合の機械的性質の変化を鉄の比

較的少いものと、比較的多いものについて求めた曲線を第 2 図に示す。これによるとマンガンは添加量の増すにしたがつてある量まで引張強さを増大し、それ以上では急激に減少させる。伸びに対してはほとんど直線的に減少させることがわかつた。また同時に行つた腐食試験の重量変化と外観変化からみると、マンガンは鉄の少い合金に対しては余り影響がないが、鉄の多いいちじるしく耐食性の低下した合金に対しては 0.3~0.5% マンガンの添加によつて鉄の少いものと、ほとんど同等に耐食性を恢復し、またこの程度のマンガン量は鋳造の際の焼け、湯流れ、鋳肌の改善に有効であることがわかつた。この結果を参照して JIS 規格の成分値には 0~0.8% Mn と決定されたが、これは鉄の少い合金ではマンガンは特に必要ではないが、鉄が規格値以内にする多少増加したものに對してはマンガンの添加が望ましいということを表示しようとしたものである。

このアルミニウム-マグネシウム系合金はすぐれた性質をもつているが、マグネシウムが多くなると、マグネシウムが非常に活性な金属であるため酸化やガス吸収などの危険があつて合金の溶解には特別の注意が必要である。第 4 表は上述の実験における 2 回の溶解の結果であるが、その第 1 回溶解は溶解温度が高く、溶解時間も長く、溶剤についても不満があつたためはなほだしく劣つた機械的性質を示したことが見られる。10% Mg を含む合金になると更にこの溶解がむづかしくなり、不純物の影響も上げやすくなるが、すぐれた溶解鋳造技術によれば砂型鋳物で熱処理したものは引張強さ 38.3 Kg/mm², 0.1% 耐力 18.1 Kg/mm², 伸び 26.5% というすぐれた性質が得られ、耐食性も極めて優秀で前述の促進腐食液に 1 ヶ月浸漬しても引張強さ、伸びともにほとんど低下しなかつた。この合金について目下更に研究を進めている。

アルミニウム-マグネシウム-珪素系合金はマグネシウムと珪素が結合して Mg_2Si という金属間化合物を作り、この Mg_2Si が硬化要素として働き、時効硬化現象を示すが、またこの Mg_2Si の単極電位は純アルミニウムのそれとほぼ等しいので、この系統の合金はアルミニウム-マグネシウム系合金と同等の耐食性があり、熱処理可能な耐食性合金である。加工性も非常によく、熱処理を行つたものは比較的高い張度 (引張強さ 30 Kg/mm² 前後) を示すので近年板材、押出型材、鍛造材などに広い用途が拓けつつある。

Mg と Si を Mg_2Si の比に約 2% 含有する 53S はこの系統の代表的合金であるが、これより Mg_2Si の少い 63S は特に押出加工性がよいので複雑な押出型材に使われる。Al- Mg_2Si に対して珪素を過剰に添加した A51S、および銅を少量 (0.25%) 添加した 61S、また A51S に Mn を約 0.7% 添加した AW10 などの合金はさらに強度が高くなる。従来わが国においてはこの系統の合金の研究が不十分であつたので、著者は一昨年末 Al-Mg-Si 系 3 元状態図の研究からはじめてその中の代表的と考えられる 2 種類の合金、A (1.3% Mg, 0.7% Si, 残り Al) および B 合金 (0.6% Mg, 1.0% Si, 残り Al) の機械的

第4表 Al-5% Mg 合金におよぼす鉄、マンガンの影響 第1,2回実験

Fe %	Mn %	第1回 溶解				第2回 溶解					
		記号	金 型		砂 型		記号	金 型		砂 型	
			引張強さ Kg/mm ²	伸 び %	引張強さ Kg/mm ²	伸 び %		引張強さ Kg/mm ²	伸 び %		
0.20	0	L	22.4	18.2	14.0	6.7	A	24.1	27.5	19.5	9.9
	0.3	M	21.9	12.4	13.8	5.0	F	25.6	26.0	20.8	10.0
	0.45	N	23.2	16.6	13.6	4.3	B	25.4	23.6	20.1	8.0
	0.6	O	23.2	14.8	13.7	3.4					
	0.8						C	27.0	23.2	19.6	6.0
	1.0						D	27.8	16.1	18.4	3.8
0.50	1.3					E	25.4	6.6	18.0	3.0	
	0	P	22.3	14.1	14.5	5.2	G	25.2	27.2	19.5	9.4
	0.3	Q	21.9	11.4	14.4	5.3	M	25.9	24.2	20.0	7.5
	0.45	R	22.9	11.9	14.3	3.6	H	27.1	22.2	20.5	7.3
	0.6	S	24.3	15.4	15.9	4.5					
	0.8						I	26.8	12.7	19.5	4.6
	1.0						J	25.3	9.3	18.3	4.4
1.3						K	18.9	2.6	15.0	1.8	

溶解方法
溶解温度
鑄造温度
ルツボ
溶 剤

連続 (順次 Mn 量を増して試料をとる)
750°C
730°C
#80 黒鉛 ライニングせず
MgCl₂50+Na₂SiF₆50 混合

別個 (各試料毎鑄型)
730°C
720°C
#30 黒鉛 アルミナライニング
同左、但し一旦溶解後粉砕したもの

註 金型温度 110°C
砂 型 生砂型 4本1枠
数値は各 4本平均

性質ならびに耐食性に及ぼす銅と鉄の単独および複合の影響を調べた。この研究は「軽金属」誌⁷⁾に発表したもので、ここではその詳細は省略するがその結論を述べれば次の通りである。(1) 銅は少量でも強度の増加に極めて有効な元素である。(2) 鉄は強度をいちじるしく劣化させるが伸びはいちじるしく増す。これは時効硬化を阻止することに基因するものと考えられる。(3) A および B 合金の耐食性は多少前者の方が良好である。(4) 銅、鉄ともに耐食性を害するが特に複合した場合にいちじるしい。この傾向は A, B 合金に対してはほぼ同等である。

以上の結果からこの系統の合金を船舶用を使用する場合には不純物の許容量を酷しく抑えた 53S 合金か、または AW10 の系統に属する Lloyd 規格の合金でなければならないことがわかった。特に強度が問題となる場合は後者が約 3Kg/mm² 以上高いので後者を採用するのが妥当である。腐食条件が余り酷しくない陸上構造物に対しては 61S または A51S でも十分その耐食性は保証できると考えられる。アメリカにおける研究によれば銅の耐食性におよぼす悪い影響を補償するためにクロムの添加は極めて有効であるとされているが、この問題に対しては目下実験的に検討中である。

以上耐食性アルミニウム合金のすぐれた機械的性質と耐食性などについて述べてきたが、これらの合金の実際の使用に当つて鉄鋼や銅合金などと接触して同時に用いられることが多い。この場合電導性の液に触れるとアルミニウム合金はこれらの合金よりも電気化学的に卑であるから選択的な腐食—いわゆる接触腐食をおこすので、このような場合何らかの防止法を施すことが必要になる。著者はまたこの問題に関しても実験を行い、その研究

結果は「軽金属」誌第1号⁸⁾、第5号⁹⁾に発表した。その一部を述べると、第5表は 5.85% NaCl+0.3% H₂O₂ 水溶液中において同一寸法の白金極と対したときの電位差で、56S, 52S, 2S とともに軟鋼や銅合金に比べて卑であることがわかる。ここで亜鉛がアルミニウム合金よりさらに卑であることは注目を要する。接触腐食の防止法としてはこの亜鉛を接触部に挿入して亜鉛の溶解によつて防止する方法、カドミウム挿入によつて緩和する方法、絶縁ペーストを塗布して接触電流を絶縁してアルミニウム合金の選択的な腐食を防ぐ方法が考えられる。また一般の塗装もこの後者と同じ効果があるはずである。これらの防止法を施して比較した腐食試験結果の一部が第6表で、これは種々の方法を施してアルミニウム合金板に幅の狭い異種金属帯を銑止めし、5.85% NaCl+0.3% H₂O₂ 水溶液に浸漬した後、アルミニウム板から引張試験片を切り出して、引張強さと伸びの変化から防食の程度を判定した実験である。絶縁ペーストについては関西ペイント K.K. 研究所と共同研究して数種の試作実験を

第5表 5.85% NaCl+0.3% H₂O₂ 水溶液中における各種の金属および合金の対白金極電位差

金属および合金	測定温度 °C	電位差 Volt	備 考
Zn	13	-1.409	平衡値
99.8Al-H	20	-1.276	"
99.5Al-H	20	-1.263	"
A51S-O	8	-1.210	"
56S-O	8	-1.206	"
52S-O	10	-1.205	"
2S-O	8	-1.199	"
3S-O	8	-1.199	"
ND-O	8	-1.172	"
Cd	10	-1.070	"
軟 鋼	8	-0.98~-0.84	平均 -0.91
60/40 黄銅	18.7	-0.563	平衡値

第6表 軟鋼帯接触の52S-O板の引張性質におよぼす影響とその防止法による果効

接 触 金 属		軟 鋼						60/40 黄 銅					
		無 塗 装		下 塗 組 立 上 塗		下 塗 上 塗 組 立		無 塗 装		下 塗 組 立 上 塗		下 塗 上 塗 組 立	
腐 食 期 間 (月)		1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
直 接 接 触	引張強さ Kg/mm ²	6.6	3.2		15.5		17.4	9.2	2.0	変	18.6		18.6
	伸 び %	2.4	0.5	変	8.6		15.8	3.0	0.3	化	14.8	変	15.9
亜 鉛 板 入	引張強さ Kg/mm ²	18.6	17.8	なし	19.2	変	18.7	19.6	19.3	な	19.2		19.1
	伸 び %	24.4	17.6		21.3		21.3	16.3	19.2	し	17.2	化	16.0
カドミウム板入	引張強さ Kg/mm ²	11.7	11.0	/	/	化	18.2	15.5	9.8	/	/		19.4
	伸 び %	4.6	2.7	/	/		21.3	7.6	3.6	/	/	な	15.4
ペーストI布	引張強さ Kg/mm ²	11.8	3.8	変	18.8	な	19.0	11.9	4.4	/	/		19.2
	伸 び %	4.4	1.0	なし	21.0		17.8	3.7	1.3	/	/	し	16.6
ペーストII布	引張強さ Kg/mm ²	12.2	4.5	/	/	し	18.7	10.3	2.6	/	/	/	/
	伸 び %	6.2	1.3	/	/		17.6	2.2	0.8	/	/	/	/
ペーストIII布	引張強さ Kg/mm ²	12.2	2.3	/	/		18.7	12.7	2.9	/	/	/	/
	伸 び %	5.3	0.7	/	/		21.8	4.5	0.7	/	/	/	/

腐 食 液； 5.85% NaCl+0.3% H₂O₂ 水溶液。
 アルミニウム合金板の寸法； 1×100×200 mm。
 接触帯の寸法； 1×100×30 mm。
 引張試験片； JES 5号 試験片。(数値は各3本平均)。
 52S-O の始めの引張性質； 引張強さ 19.3 Kg/mm², 伸び 25.4%。
 單純腐食後の引張性質； 1月後 引張強さ 18.4 Kg/mm², 伸び 24.5%。
 3月後 引張強さ 18.1 Kg/mm², 伸び 19.6%。
 塗装板の腐食後の引張性質； 1月後 引張強さ 19.2 Kg/mm², 伸び 24.9%。
 3月後 引張強さ 18.9 Kg/mm², 伸び 22.1%。

行つて比較的良好であつたものを使用した。この実験結果によると、亜鉛の接触腐食防止効果は非常に大であつたが、亜鉛の消耗と塗装した場合の塗膜の損傷はなほだしなので、塗装しないで用いられる場合に最も推奨しうる方法であるが、一方塗装と組合して使用せられる場合にはアルミニウム合金、軟鋼ともに前以下塗まで行い、絶縁ペーストを塗布して組立後上塗を行う方法、あるいはそれぞれ上塗まで行い、ペーストを塗布して組立てる方法が最も推奨できることがわかる。

また船舶などの荷酷な条件下に使用する場合には耐食性アルミニウム合金といへども長い耐用命数を保しがたいたのであつて、このような場合に塗装によつて補われねばならない。しかしアルミニウム合金は鉄鋼に比べて塗料との接着性が劣るので、この接着性を改善するために、下地処理用プライマーとして、塗料の中に化学的活性剤として磷酸を加え、アルミニウム面の極めて緩やかな酸化とそれによる塗膜の接着性を改善するいわゆるウオッシュプライマーの試作研究を著者の提唱によつてA.U.R.C.の塗料関係の諸氏とともにに行い、成果を得た。この問題については共同研究者の一人浅原照三助教授によつて本誌¹⁰⁾に既報した。また下塗および上塗々料の塗料系の決定に当つて実験を分担し、塗料系としてはウオッシュプライマー—ジシクロメートフタル酸樹脂系下塗々料—フタル酸樹脂上塗々料が最も有効であることが判定され、

アルミニウム合金の標準塗装系の一つになつている。

以上耐食性アルミニウム合金の性質、使用法に関する実験結果の極めて簡単な概要を述べた。なおこの研究は主として昭和25、26年度文部省科学試験研究費によつて行われたが、軽金属業界各方面の御援助によるところが多かつた。また A. U. R. C. および軽金属協会委員会関係の諸氏に啓発された点も少くなく誌上に厚く謝意を表する次第である。(1952. 12. 23)

文 献

- 1) 加藤 生産研究 第1巻 第1号
- 2) 生産研究 第2巻 第4号
- 3) 福田 生産技術研究所報告 第2巻 第7号
- 4) "Symposium on Atmospheric Exposure Tests on Non-Ferrous Metals" A. S. T. M. 1946.
- 5) L. W. Kempf, Trans. Am. Foundrymen's Assoc., Vol. 46 (1938), p19~40.
- 6) 加藤, 中村 軽金属 第4号 p109~112.
- 7) 加藤, 武谷, 佐々木 軽金属 第6号
- 8) 加藤, 中村 軽金属 第2号 p22~27
- 9) 加藤, 中村 軽金属 第6号
- 10) 浅原, 軽金属 第3号, 金属表面技術 第3巻 第3号