

Vol. 55 No. 649

Journal of the Mining Institute of Japan

May, 1939

礬土頁岩製アルミニウム地金の性質と
デュラルミン鋳試作試験結果に就て

(日本鑛業會第54次通常總會講演會に於ける講演)

正會員

大 日 方 一 司

昭和14年5月

日 本 鑛 業 會 誌

2

礬土頁岩製アルミニウム地金の性質と デュラルミン板試作試験結果に就て

(日本鑛業會第54次通帯總會講演會に於ける講演)

正會員 大日方一司*

ON THE PROPERTIES OF THE ALUMINIUM AND THE DURALUMIN-PLATE MADE FROM ALUMINOUS-SHALES.

By OBINATA Ichiji.

In the present paper, some properties of the aluminium made from the so-called Manchurian aluminous-shales have been described. Rolling experiments of the duralumin-plates made from the said aluminium were also carried out and their properties have been measured. Although the chemical composition of this aluminium differs slightly in the ratio of Si:Fe from the ordinary aluminium, it may safely be used as the electrical conductors as well as the high-grade forging light-alloys.

I 緒 言

現在アルミニウムの製造用に供せられてゐる満洲産礬土頁岩の平均組成は第1表の通りで、これを外國産ボーキサイトと比較すると、アルミナ含有量は大差ないが、珪酸含有量が著しく高く、反對に酸化鐵の少い特徴がある。従つてその精製には、現行アルミナ精製法の定石たるバイヤー法其他の濕式アルカリ法は適さないけれども、最近特殊の乾濕併用法が見出されて、始めてこのものを有利に精製し得る様になつてきた。

第1表 礬土頁岩(遼寧産)並に
ボーキサイト(佛國産)の平均組成

	Al ₂ O ₃ (%)	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	煅燒損失 (%)
礬土頁岩	52.6	18.1	15.3	1.3	14
ボーキサイト	58.0	3.3	23.0	3.0	13

滿洲國に於ては昨秋以來、礬土頁岩を原料とす

第2表 地金の分析結果

地金の種類	Si (%)	Fe (%)	Ti (%)	Na (%)	Cu (%)	Al (%) (差分)
礬土頁岩製 地 金	A	0.195	0.128	0.004	0.041	99.632
	B	0.181	0.108	0.008	0.044	99.659
	C	0.230	0.138	0.006	0.050	99.576
	D	0.14	0.13	0.008	0.041	99.681
ALCOC	0.104	0.251	0.009	0.031	0.044	99.561
AJAG	0.139	0.348	0.012	0.018	0.022	99.461
Caripso	0.598	0.766	0.024	0.044	0.104	98.464
ASHS	0.122	0.292	0.004	0.039	—	99.543

* 旅順工科大学教授・工学博士

的のものであるから、勿論現在の製品とは著しく相違するものと思はれる。

不純物定量の方法は主として原田氏著「アルミニウムの性質と其分析法」⁽¹⁾に依つた。

鐵、硅素—第2表をみると、礬土頁岩製アルミニウム地金の成分上の特徴としては、Si:Feの比が大きい點が認められる。即ちボーキサイト製地金の場合には鐵含有量に比して硅素含有量が低く、Si:Feの比は凡そ0.5前後であるが、礬土頁岩製アルミニウムの場合にはこの比が1~1.5程度である。然し乍らこの事は礬土頁岩製アルミニウム地金中の硅素量が多過ぎると言ふ意味ではない。第2表から明らかな様に、硅素含有量の絶対値はボーキサイト製地金に比して必ずしも大きくはなく、むしろ鐵含有量が低いのであるから、常にこの程度の地金を生産し得れば、この問題を特に考慮する必要はあるまいと考へる。

第3表には比較のために昭和5年12月制定のJ.E.S.アルミニウム地金の規格並に昭和13年8月制定の航空評議員會規格、アルミニウム板第1種及び第2種に對する成分上の規定を示した。

第2表に示した礬土頁岩製アルミニウム地金の組成ならば、いづれの規格にも合格する。これ等の規格をみると、いづれも硅素に比して稍多量の鐵の存在を許容してゐる。この事はボーキサイト製アルミニウム地金に對しては當然であるが、礬土頁岩を原料とする地金の場合には、幾分考慮の餘地があると思はれる。何とならば、礬土頁岩製アルミニウム地金に對しては、硅素含有量を規定すれば、鐵含有量は必然的に著しく低下するからである。

元來アルミニウム中の鐵並に硅素含有量は、こ

第3表 本邦アルミニウム地金の規格

規 格	Al (%)	Si (%)	Fe (%)	Cu (%)	全不純物 (%)
E. S. 110	>99.3	<0.30	<0.30	<0.05	—
H. 18	1號アルミニウム	<0.30	<0.50	<0.20	—
	2號アルミニウム	<0.70	<0.80	<0.50	—
	3號アルミニウム	>97.0	—	—	—
航空評議員會規格 92	アルミニウム板第1種	<0.25	<0.35	<0.05	<0.5
	アルミニウム板第2種	—	<0.6	<0.6	<1.0

- (1) アルミニウム總覽、昭和13年版、163.
- (2) 原田隆康、水曜會誌、8、(昭10)、881、同9、(昭12)、175.
- (3) C. H. Mathewson, Z. anorg. allg. Chem., 48, (1906), 192.
- (4) この點に關しては著者の實驗結果もあるが、原田氏は第5回日本金屬學會に於てこの問題を詳細に論じて居られる。

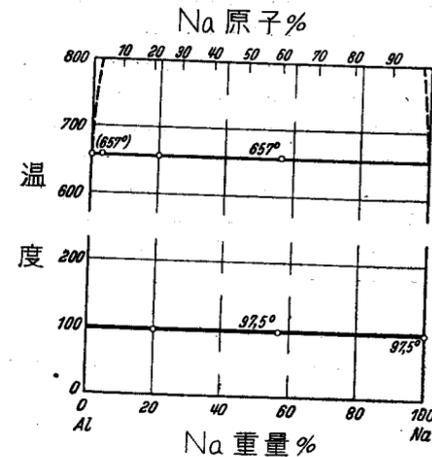
れを高級鍛錬用輕合金の素材として考へる場合に最も問題となるのであつて、鑄造用乃至は普通鍛錬用輕合金として使用する場合には、一番地金中に含まれる程度の不純物はさして問題にはならない許りでなく、却つてその存在を必要とする場合すらある。高級鍛錬用輕合金としては、主としてデュラルミン型の合金であるが、そのうちで本邦航空機材として盛んに使用せられる様になつた24S型超デュラルミンに對しては、不純物、特に硅素含有量の低い地金が要求せられる。而してその許容量は0.2%以下にす可しとさへ言はれてゐる様である。従つて礬土頁岩製アルミニウム地金に對しては、硅素含有量が最も問題になるわけであるが第2表に示した程度の硅素含有量ならば、超デュラルミン用素材としても敢て差支へないと信ずる。

チタニウム—第1表に示した様に、現行アルミニウム製造用礬土頁岩中の酸化チタニウム量はさして多くはない。従つて地金中のチタニウムも問題とする程ではなく、ボーキサイト製地金の場合よりもむしろ少量である。

ナトリウム—原田氏⁽²⁾に依れば、第4表に示した様に、内地産アルミニウム地金中にはかなり多量のナトリウムが含まれてゐた様である。アルミニウムとナトリウムとは第1圖に示した様な状態圖を作り⁽³⁾、両者は液相でも殆んど溶け合はない許りでなく、ナトリウムはアルミニウムよりも更に電氣化學的に陽性であるから、再熔融の操作に依つてこのものを除去する事は比較的容易である⁽⁴⁾。従つて輕合金用地金としてはさして問題になる不純物ではないが、ナトリウムはアルミニウムの結晶粒界に晶出する性質があり、このものは融點が低いだけに、高温壓延に際して龜裂を生

第4表 國産アルミニウム地金中のナトリウム含有量(原田氏に依る)⁽²⁾

	Na (%)		
	白赤青	印印	0.094
0.167,	0.166,	0.137,	
0.136,	0.135,		
0.097,	0.090,		



第1圖 Al-Na系状態圖⁽³⁾

ぜしめる原因となる事がある。第2表の分析結果をみると、礬土頁岩製アルミニウム地金中のナトリウム含有量は、外國産地金よりは幾分多いけれども、第4表の内地産地金よりは遙に少い。従つてこの程度のナトリウム含有量ならば差支へないと考へる。

元來地金中のナトリウムは、原鑛石の種類に係はるものではなく、主として電解操作中に混入して來るものであるから、電解技術の進歩と共に、このものは必然的に漸減するであらう。

III 壓延並に牽伸試験と鋸並に線材の性質

第2表に示した地金を同一條件の下に溶解鑄造し、壓延並に牽伸して厚さ1mmの鋸並に徑2.8mmの線材に仕上げた。

鋸用鑄塊の形状は厚さ20mm、長さ90mm、幅40mmで、両面を機械的に仕上げた後、厚さ5mm迄は熱間壓延を行ひ、5mmから1mm迄は冷間壓延を行つた。

線材用鑄塊は徑10mm、長さ150mmの丸棒で、溝付ロールを用ひてこれを徑5mm迄壓延し350°で焼鈍した後ダイスにかけて徑2.8mm迄牽

伸した。

これ等の試験はいづれも著者實驗室内の小型壓延機並に牽伸機を使用して行つたものであるが、試験中いづれの地金もよく伸び、特に相違する點は認められなかつた。

鋸材の機械的性質—抗張力試験片はJ.E.S.標準規格7號の通りとし、試験片の長さの方向は常に壓延方向に平行である。

第5表 アルミニウム鋸の機械的性質

試 料	壓 延 の 値			焼 鈍 材 (350°, 1時間)	
	抗張力 kg/mm ²	伸 (%)	エリクゼン値	抗張力 kg/mm ²	伸 (%)
A	15.2	5.5	8.85	8.6	43
B	15.0	6.2	9.09	8.1	38
C	15.1	5.3	9.10	8.5	42
ALCOC	15.2	3.8	8.98	8.4	39
A J A G	15.3	2.7	8.40	8.8	37
Caripso	18.9	3.0	7.91	11.7	31

試験の結果は第5表に示した通りで、抗張力はいづれも殆んど大差ないが、伸は礬土頁岩製アルミニウムの方が幾分優れてゐる様である。このことは鐵含有量の低い點にその原因を求め得ると思ふ。表には厚さ1mmの鋸材のエリクゼン値をも示した、この値に於ても特に相違する點は認められない。

線材の機械的並に電氣的性質—各線材は電位差計を用ひて比抵抗を測定した後その儘引張試験にかけた。第6表には牽伸の儘の試験結果を示し

第6表 牽伸線材の機械的並に電氣的性質

試 料	抗張力 kg/mm ²	伸 (%)	比抵抗 (20°) microΩ/cm ²	導電率 (%)
A	15.4	5.7	2.887	59.72
B	15.2	5.0	2.831	60.90
C	17.0	—	2.864	60.20
ALCOC	15.9	5.5	2.882	59.82
A J A G	18.3	4.0	2.901	59.43
Caripso	22.0	—	3.186	54.11

第7表 焼鈍線材の機械的並に電氣的性質

試 料	抗張力 kg/mm ²	伸 (%)	比抵抗 (20°) microΩ/cm ²	導電率 (%)
A	8.5	33	2.749	62.72
B	8.7	38	2.733	63.08
ALCOC	8.8	25	2.770	62.24
A J A G	9.7	33	2.775	62.13
Caripso	12.1	21	2.949	58.46

第7表にはこれを300°に1時間焼鈍した場合の諸性質を示す。表中導電率とあるは標準焼鈍銅

(1.7241 micro Ω/cm^2 20°) の電気伝導度を 100 とした場合の試料の體積電気伝導度である。いづれの地金もほぼ相似の性質を示してゐるが、この程度の導電率があれば、送電線用としても適當である。

IV チュラルミン鋳試作試験結果

普通デュラルミン——礬土頁岩製地金 C を使用し、これに銅 3.5%、マグネシウム 0.5%、満俺 0.5% を目標として夫々の金属を添加し、デュラルミン 2 種を熔製した。銅並に満俺の添加には豫め Cu=50.28%、並に Mn=20.98% の母合金を熔製して用ひ、マグネシウムはホスホライザーを使用して直接これを加へた。熔解には黒鉛製 3 番場坩を使用し、厚さ 20 mm、長さ 160 mm、幅 80 mm の金型鑄塊とした。鑄塊の分析結果は第 8 表の通りである。尙航空評議員會規格 98 號、高

第 8 表 チュラルミン鑄塊の分析結果と航空規格

記 號	Cu (%)	Mg (%)	Mn (%)	Si (%)	Fe (%)
D 1	3.41	0.52	0.41	0.32*	0.22
D 2	3.47	0.41	0.42	0.29*	0.18
航格 98, 第 1 種	3.3~4.2	0.3~0.7	0.3~0.7	<0.5	<0.6

* 誤つて Al-Si 母合金の少量が混在したために増量を來してゐる。

力アルミニウム合金板及帯板第 1 種、デュラルミンの組成は同表中に附記した通りで、上記 2 種の試料はいづれもこの規格の組成範囲内にある。

これ等の試料は表面を切削した後 450° に加熱し、先づ熱間壓延を行つた。熱間壓延の條件としては、試料の温度が壓延中 300° 以下に降下しない事が必要であるから、毎回 0.1~0.2 mm 宛 4~6 回壓延し、再び 450° に加熱した後同様操作を反復した。勿論實際の熱間壓延の條件とは異なるけれども、試料が小さいから反復加熱する事は止むを得ない。熱間壓延は厚さ 6 mm 迄に止め、アルカリ並に酸で洗滌した後常溫壓延にかけた。デュラルミンの常溫壓延に際しては、原則として壓延率約 50% 毎に中間焼鈍を行ふ必要があるので、本試料の冷間壓延は次の様な順序でこれを行つた。

- 厚さ 6 mm → 3.6 mm → 中間焼鈍
 - 3.6 mm → 2 mm →
 - 2 mm → 1 mm → 熱處理
- 焼鈍迄の壓延回数は 30 回前後であり、焼鈍温

度は 360°、加熱時間は 6 時間と定めた。熱處理は最後に行ひ、500° に 1 時間保持後水中に焼入れ、常溫時効せしめた。

上記の試験は礬土頁岩地デュラルミン 2 種に就てのみ行ひ、外國製アルミニウム地デュラルミンとの比較試験は別に行はなかつたけれども、いづれも展延性良く、熱間、冷間壓延を通じて、龜裂のために壓延不能となる様なものはなかつた。

第 9 表には上記 2 種の礬土頁岩地デュラルミンの機械試験結果を示す。この場合の試験片の形状は、J. E. S. 標準規格 5 號の通りで、試験片の長さの方向はやはり壓延の方向に平行である。

第 9 表 礬土頁岩地デュラルミン鋳の機械的性質

記 號	抗張力 kg/mm ²	伸 (%)	備 考
D 1	46.6	23	5 日間常溫時効 寸法 0.4~10.0 mm
D 2	46.0	22	
航格 98, 第 1 種	>38	>15	

表示の様に第 1 種デュラルミンの航空規格と對比して、試験の結果は頗る優秀である。勿論この結果は實驗室的に注意して製作したからではあるが、工業的に製造する場合と雖、注意して行へばそう著しい差異はあるまいと思はれる。

24S 型超デュラルミン——第 2 表に示した礬土頁岩製地金 D 並にノルウェイ製地金 ASHS を用ひて第 10 表に示した様な 6 種の超デュラルミンを熔製した。表中 SDD の記號を附したものは礬土頁岩地 SDA の記號は ASHS 地デュラルミンである。尙同表には比較のために航空規格 98 號、高力アルミニウム合金板及帯板第 2 種、超デュラルミンの組成をも附記して置いた。

第 10 表 超デュラルミン鑄塊の分析結果と航空規格

記 號	Cu (%)	Mg (%)	Mn (%)	Si (%)	Fe (%)
SDD 1	4.28	1.38	0.52	0.16	0.10
SDD 2	4.78	1.85	1.06	0.14	0.13
SDD 3	4.04	1.50	0.73	0.12	0.12
SDA 1	4.00	1.36	0.54	0.13	0.24
SDA 2	4.70	1.83	1.04	0.16	0.22
SDA 3	4.31	1.51	0.75	0.15	0.22
航格 98, 第 2 種	3.8~4.8	1.2~1.8	0.4~1.0	<0.5	<0.6

試料熔解の方法は、先の場合と大體に於て同様であるが、この場合には NaCl 30%、KCl 40%、CaCO₃ 15%、NaF 10%、氷晶石 5% の融剤を使用し、鑄造温度は 690°~700°、100° に豫熱せる傾

倒式金型に鑄込んだ。鑄塊の形状並に熱間壓延の方法も先の場合と同様で、冷間壓延は次の様な順序に依つてこれを行つた。

- 厚さ 4 mm → 3.5 mm → 中間焼鈍 (360°, 3 時間)
- 3.5 mm → 3 mm → 中間焼鈍 (360°, 6 時間)
- 3 mm → 2 mm → 中間焼鈍 (360°, 6 時間)
- 2 mm → 1 mm → 熱處理 (495° 焼入)

第 10 表の試料は總て上記壓延操作に依つて厚さ 1 mm の鋳にすることが出來たが、SDD 2 及び特に SDA 2 は壓延比較的困難で、主として厚さ 4 mm → 3.5 mm の冷間壓延に際して、耳割れ並に多少の龜裂を生じた部分もある。これ等の試料の組成をみるに、Cu, Mg, Mn 含有量はいづれも表示航格の規定する最大限度乃至はそれ以上であるから、展延性の悪いのも亦止むを得ないわけである。

第 11 表には上記試料の引張試験結果を示した。

第 11 表 試作超デュラルミン鋳の機械的性質

記 號	抗張力 kg/mm ²	伸 (%)
SDD 1	54.3	26
SDD 2	54.4	26
SDD 3	55.9	26
SDA 1	54.9	24
SDA 2	56.6	21
SDA 3	56.2	24
航格 98, 第 2 種	>43*	>12*

* 厚さ 0.4~2.0 mm 鋳に對する規格である。

試験片の形状並に取り方は先の場合と全く同様である。表示の様にいづれの試料も抗張力 54 kg/mm²、伸 21% を超へ、性質甚だ優秀である。従つて礬土頁岩製アルミニウム地金も亦超デュラルミン用素材として充分に使用し得るわけで、上記試験の結果では、その製品には伸の大きい特徴が認められる。

V 總 括

礬土頁岩製アルミニウム地金 4 種に就て、組成、展延性、機械的、電氣的性質等を調べ、これを外國産地金と比較した。

礬土頁岩製地金の成分上の特徴としては、ボーキサイト製地金に比して Si:Fe の比が大きい點が認められる。然し乍ら硅素含有量の絕對値は必ずしも大きくはなく、チタニウム其他の不純物も概して少い。導電率は 60~63%、引張試験の結果では伸が大きい特徴が認められる。蓋し鐵含有量が低いためであらう。

次に本地金を用ひて普通デュラルミン並に 24 S 型超デュラルミンを試作し、厚さ 1 mm の鋳に壓延したが、展延性は良好でボーキサイト製地金を使用した場合と特に相違する點は認められない。

終りに臨み本實驗遂行に當つて援助を與へられた森永工學士、林理學士、長澤秀雄、溝口文作氏に對し深く感謝の意を表する。(旅順工科大学金屬材料研究室報告第 35 號)

