JIS アルミニウム合金鋳物の実体強度 について (その1)

小型レーダ反射鏡(AC4C)の実体試験

森 永 卓 一* 財 満 鎮 雄**
青 野 幸 雄*** 清 水 孝 昭****

On the strength of the aluminium castings specified in Japanese Industrial Standard (JIS) (Part 1)
(UDC 669. 715'782'721—14: 620.17)

On the mechanical properties of miniature lader parabolic reflector made from Al-7% Si alloy
MORINAGA Takuichi* ZAIMA Shigeo** AONO Yukio*** SHIMIZU Takayuki****

Some experiments on the mechanical properties of miniature lader parabolic reflector made of Al-7% Si casting alloy (AC4C) were performed. AC4C alloy is commonly in use for castings such as the housing or the case, because of its good casting properties and of excellent corrosion resistance. In this case, this alloy was selected with the reason that the reflector consists with many narrow and long ribs and has complicated shapes which require perfect filling with cast metal. Test pieces were taken properly from the casting and tested for the tensile strength, elongation, Brinell hardness and shearing strength. Furthermore discussed by comparing with the properties obtained by standard specimens cast at the same time. As standard specimen, metal mold cast one according to JIS also sand mold one according to the Federal Specification (USA) were tested.

Generally speaking, the results showed that the parabolic reflector casting can have nearly the same properties of sand mold standard specimen, if the casting temperature is well controlled, the venting of gases is carefully made and the riser is properly arranged.

This study was completed with the fund afforded by Light Metal Educational Foundation Incorporation for which we are extremely grateful.

(Received Oct. 23, 1963)

1. 緒 言

従来、鋳造品では製品と同時に鋳込んだ標準試験片の機械的性質を測定して製品の性質を判定するのが普通である。しかし、鋳物実体は重量の差・砂型と金型・湯圧などの製造条件が標準試験片とははなはだしく異なることも考えられ、実体自身においても肉厚の不同・湯口からの距離など鋳造条件に差が生ずるので、実体各部にも性質の差が存在することは当然考えられる。この間の実態をアルミニウム合金鋳物について検討し、設計資料の基準をうる目的で実体試験を行なってきた。^{1,2)}アルミニウム合金鋳物のうちでも AC7A などについて耐食性もよく、しかも鋳造性もよいのでハウジング、ケースなどによく用いられる 4 種 C (AC4C) による小型レーダ反射鏡について実体試験を実施したので、その大要について報告する。

2. 供 試 実 体

Fig. 1 のように細身で偏平なので鋳造に熟練を要する実体である。

溶解のさい、弗化ソーダ、珪弗化ソーダおよび塩化ナトリウムを 1 : 1 : 1 の割合で混合したものを 1.5% 程度添加し、760~780°C で 30 分改良処理を行ない、しかる後約 700~720°C で塩素ガスによる脱ガスを行なった。とくに湯流れが問題で、温度が低すぎると湯まわりが不良となり、高すぎるとばりが生じ易いので、鋳込み温度は 700°C (±10°C) と十分注意し、両端におけるガス抜きは万全をはかった。また、下型は砂型を用いたが、上型は CO₂ プロセスによった。実体の重量は約 6.0kg (鋳物重量約 10.5 kg) であり、その外観を Photo. 1 に示す。

その化学成分は Table 1 のようで JIS で規定された AC4C の標準成分に合致している。

* 東京工業大学教授 (金属工学科) 工博
** 静岡大学工学部教授 (機械工学科) 工博
*** 春元鋳造工業㈱
**** 山梨大学工学部 (機械工学科)

Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
Prof., Faculty of Engineering, Shizuoka University, Dr. Eng.
Harumoto Casting Works Co. Ltd
Faculty of Engineering, Yamanashi University

Fig. 1 Miniature ladder parabolic reflector.

Photo. 1 Appearance of casting

3. 試料の採取

全長1250mmの実体をFig. 2のように約309~400mmに4分割して第1~第4のグループに分け、それぞれのグループ毎に湯口に近い部分・冷し金に近い部分、あるいは押湯に遠い部分などと場所による区分にしたがつて試料片を採取し、図に示すような試験片番号をしるした。

4. 実体各部の機械的性質

4.1 引張試験

実体がFig. 1のように細身で偏平であるため引張試験片の採取に制限をうけているが、実体各部よりJIS 4号試験片を基準とした引張試験片を作製して、引張試験を実施した。Fig. 3のヒストグラムのように試験片採取場所により引張強さ σ_B は9.2~15.3kg/mm²の範囲(平均11.7kg/mm²)、伸び δ は3.0~10.0%の範囲(平均5.9%)にあつた。試料の数は $N=28$ で引張強さの場合は標準偏差 $S=1.32$ kg/mm²、変異係数 $v=11.2\%$ 、伸びの場合は $S=1.95\%$ 、 $v=33.3\%$ で良好な正規分布を示さなかつた。

Table 1 Chemical compositions of AC4C.

	Cu (%)	Si (%)	Mg (%)	Mn (%)	Fe (%)	Zn (%)	Al (%)
JIS	<0.2	6.5 ~7.5	0.2 ~0.4	<0.3	<0.5	—	
Cast- ings	tr.	6.84	0.31		0.16	nil.	bal.

実体の形状が左右対称形であるので、その機械的性質の対称性を調べる意味で、全周から適当に試料を採取したが、結果はFig. 4に示すとおりである。Fig. 1の2本の縦骨の上縁側2箇所下縁側2カ所がおのおの1個の湯口に連なり、下縁側の両端にそれぞれ1個のガス抜きをつけてあるが、形状は対称性であるが引張強さおよび伸びは左右で異つた値を示している。

4.2 硬さ試験

試料の大きさおよび肉厚の関係上ピツカース硬さ試験機に2mm ϕ 鋼球圧子を取付け、60kg荷重でブリネル硬さ H_B を求めた。各試料について6回測定した結果の平均値を試料数 $N=108$ についてまとめるとFig. 5のように $H_B=38.3\sim81.0$ kg/mm²(平均54.0 kg/mm²)の範囲になり、この場合標準偏差 $s=7.8$ kg/mm²、変異係数 $v=14.4\%$ の正規分布をえた。

この場合も硬さの対称性を求めてFig. 6をえた。各試料とも硬さのばらつきは少なく大体 $\pm 10\%$ 以内におさまっているが、上縁側中央部で多少ばらつきが大きくなっている。上縁側に比べて下縁側が全体として硬さも高いが、とくに右端で高い値を示して対称性が悪い。形状お

Fig. 2-(1) Sampling positions in castings. Group-1

Fig. 2-(2) Group-2

Fig. 2-(3) Group-3

Fig. 2-(4) Group-4

Fig. 3 The results of the tension test.

Fig. 4 Change of tensile strength and elongation along with the length of casting.

Fig. 5 Hardness hystogram.

Fig. 6 Change of Brinell hardness in length

Fig. 7 Shearing strength histogram.

よび鋳造方案も対称的になつてゐるのであるが、鋳込みのとき、鋳型面が水平でなく多少傾斜しているために前述の引張強さおよび伸びにおいてもみられたように硬さにおいても対称性がそこなわれたものと思われ、その後の鋳造においてもこの点留意した結果、硬さ測定で対称性がみとめられことが確かめられた。

4.3 剪断試験

せん断力測定装置を取付けたフライス盤のテーブルを上下手送りして静的と思われるせん断速度でせん断試験を行ない、試料数 $N = 107$ についてせん断強さを求めて Fig. 7 をえた。

Table 2 Parts which showed especially low or high value in tension test (Value in parentheses is the measured values, respectively)

	Tensile strength	Elongation
Especially lower part	2-86(9.2), 3-75(9.2)	1-90(3.0), 3-66(3.5)
Rather lower part	3-90(9.9), 4-93(10.2), 4-89(10.4)	1-96(3.8), 2-73(3.8) 3-75(3.8), 4-101(3.8)
Rather higher part	1-94(13.2), 1-96(13.2), 2-69(13.2)	2-83(8.1), 4-93(10.0)
Especially higher part	1-90(15.3)	2-63(8.1), 4-93(8.1)

Table 3 Parts which showed especially low or high hardness value (Value in parenthesis is the measured values, respectively).

Especially lower part	2-79(38.3)
Rather lower part	3-29(42.4), 4-66(42.8), 3-53(43.5), 1-4(43.7)
Rather higher part	1-76(69.7), 1-78(69.5), 1-74(68.4), 1-84(68.2)
Especially higher part	1-82(81.0), 1-80(79.3), 1-63(78.7)

Table 4 Parts which showed especially low or high shearing strength (Value in parentheses is the measured values, respectively)

Especially lower	3-97(9.3)
Rather lower part	3-38(10.2), 3-49(10.2), 2-1(10.5), 2-3(10.5)
Rather higher part	3-68(15.9), 1-80(15.8), 4-88(15.6), 3-51(15.5), 1-76(15.4), 3-21(15.4), 3-59(15.4)
Especially higher part	1-74(16.8), 4-28(16.6), 4-24(16.2), 3-99(16.1)

おのおのの試料で4回の測定値の平均をとつて場所によるちばりを調べれば、せん断強さ τ は 9.3~16.8 kg/mm² (平均 2.9 kg/mm²) の範囲になり、標準偏差 $s = 1.6$ kg/mm², 変異係数 $v = 12.5\%$ の正規分布を示した。

4.4 実体各部の機械的性質の検討

前述の結果より実体各部の機械的性質について検討を加えた。引張試験の結果、引張強さ σ_B および伸び δ のとくに低い値と高い値を示した部分は Table 2 に示すとおりである。 σ_B が低く δ が高い値を示している 2-86, 3-90 は比較的肉厚部分で押湯がきいている部分に近く凝固にやや時間がかかる場所と思われ、 σ_B も δ も低い値を示した 3-75 は押湯と押湯の中間部分の細肉部で湯回りのよく

(a) 1-90

(σ_B : esp. large,
 δ : esp. small)

(b) 1-88

(c) 2-67

(d) 2-65

(δ : esp. large)

(e) 3-75

(σ_B : esp. small,
 δ : rather small)

(f) 3-66

(δ : esp. small)

(g) 4-89

(σ_B : rather small)

(h) 4-93

(σ_B : rather small,
 δ : rather large)

Photo. 2 Structure of actual casting (1), ($\times 40$): photographs are in the order from right edge of upper rim to left edge

(a) 1-92

(e) 3-78

(b) 1-94

(σ_B : rather large)

(f) 4-101

(δ : rather small)

(c) 1-96

(σ_B : rather large)

(g) 4-99

(δ : esp. large)

(d) 3-82

(σ_B : rather small)

(h) 4-96

Photo. 3 Structure of actual casting (2), ($\times -40$): photographs are in the order from right edge of lower rim to left edge.

Table 5 Standard mechanical properties and mechanical properties of standard test piece.

	JIS (metal moulding)	Aluminium Casting Alloy Committee		Metal moulding test piece (JIS)			Sand moulding test piece (Federal)		
		(Metal moulding)	(Sand moulding)	Maximum	Minimum	Mean	Maximum	Minimum	Mean
Tensile strength (kg/mm ²)	> 16	20.6	14.7	19.0	18.4	18.6	15.1	14.5	14.8
Elongation (%)	> 3	8.2	3.7	9.9	9.6	9.7	4.3	3.2	3.9
Brinell hardness (kg/mm ²)	about 85	60.0	56.7	59.4	58.1	58.9	56.5	53.4	55.1
Shearing strength (kg/mm ²)		17.6		15.9	15.5	15.7	16.1	15.0	15.6

Table 6 Mechanical properties of actual castings

	Standard test piece		Castings		
	Metal moulding	Sand moulding	Maximum	Minimum	Mean
Tensile strength (kg/mm ²)	20.6	19.7	15.3	9.2	11.8
Elongation (%)	8.2	3.7	10.0	3.0	5.8
Brinell hardness (kg/mm ²)	60.0	56.7	81.0	38.3	54.0
Shearing strength (kg/mm ₂)	15.7	15.6	16.8	9.3	12.9

Table 7 Comparison between test piece and castings (%)

	Comparison with metal moulding test piece			Comparison with sand moulding test piece		
	Maximum	Minimum	Mean	Maximum	Minimum	Mean
Tensile strength	82.3	49.5	63.5	103.4	62.2	79.7
Elongation	103.1	30.9	59.5	256.4	76.9	148.7
Brinell hardness	137.5	65.0	91.7	146.3	69.5	98.1
Shearing strength	107.0	59.2	82.2	107.8	59.6	82.7

いかないと見られる部分である。また全般的にみて右半分の方が σ_B もやや高く、とくに右端のガス抜き近傍の1-90で最も高い σ_B を示し（伸びは最も低い）、右半分は δ がやや高くあらわれ、左端のガス抜き近傍の4-93では δ は高く σ_B は低い値をとった。これは前述のように鋳型が水平に置かれなく、左側が右側より高くやや傾いて置かれた結果と思われた。

硬さ試験の結果は **Table 3** のようになり、厚肉部に近い湯回りの容易な個所および凝固の比較的遅れるとみられる個所で硬さは低く、引張試験の結果とも対応して右半分のとくに右端が高い硬さを示し、左半分は比較的低い硬さを示している。

せん断試験の結果は **Fig. 7** にみられたように AC7A の場合りにみられたような実体全体としての場所によるばらつきははなはだしくはなかつたが、これは形状は細身であるが、AC4C は鋳造性がよいためと思われる。この場合せん断強さ τ のとくに低い部分および高い部分をまとめれば **Table 4** のようになり、前報²⁾で求めたように硬さとせん断強さの相関は低いことは、この場合も考えられ **Table 3** の結果と無関係のようである。局部的に近い個所で τ が高い値と低い値を示すが（その差は前述のようにあまり大きくはない）、例えば 冷し金に面した 3-97 は τ がとくに低くあらわれたのに対し、その隣接部分ですぐ上方の 3-99 はとくに高い τ の値を示したように実体の複雑さを暗示している。

5. 顕微鏡組織

実体各部の顕微鏡組織を示せば **Photo. 2** および **Photo. 3** のようである。すなわち、**Photo. 2 (a)~(h)** は実体上縁側で右端より左端に向つて (a) より順次 (h) までの各部の組織を示し、**Photo. 3 (a)~(h)** は同様に下縁側で右端より左端まで順次 (a) より (h) までに各部の組織を示し ($\times 40$)、それぞれ 0.05% 弗酸で腐食したものである。鋳造性の良い合金ではあるが、細身で形状的には熟練を要する実体であり、組織も上縁側、下縁側いずれも両端では組織が細かいが、押湯に近い中央部はあらに組織がみられる。また、比較的硬さの高かつた下縁側の方（とくに右半分）が組織が細かいようである。

6. 標準試料

注湯のとき、JIS にしたがって採取した標準試験片（金型）の 2~3 の機械的性質を示せば **Table 5** のとおりであり、同表に示した規格値と比較すれば、伸びは非常に大きく、硬さはかなり低い値を示した。また、金型試験片と砂型の実体を比較するため機械的性質に差のあることも考えられるので、検討資料をうるため同時に砂型による米国フェデラル規格 QQ-A-601a 標準試験片を鋳

込んで、同表にその機械的性質を示した。さらに、昭和 31 年度通産省応用研究補助金の交付を請けてアルミニウム鋳物委員会（大学および研究所 9 カ所、鋳物会社 17 社、製錬会社 3 社参加）が現行アルミニウム合金鋳物の各種性質を総括した結果³⁾を **Table 5** に併記したが、それと比較すれば金型試料・砂型試料ともそれぞれ大差ない結果がえられた。

7. 標準試料と実体

以上、求めた実体と標準試料の機械的性質をまとめれば **Table 6** のように総括される。これから実体各部の機械的性質を標準試料と比較すれば **Table 7** のように、硬さでは実体は平均値で砂型試験片とほぼ等しい値をとり、金型試験片に較べればやや低いが、硬さの変動は前報までの実体試験からみて目立つようであつた。このことは実体が細身で長い外部の影響をうけ易いことを示している。引張強さは砂型試験片に対して約 80% 程度の値をとり、場所によつては標準試料とほぼ等しい値を示すこともあるが、金型試験片に較べればやや前者の場合より劣るようである。伸びは金型試験片に対しては平均して約 60% の値をとり、場所によつてはほぼ等しい値をとるが、砂型試験片と較べると実体の方が非常に大きな値を示している。せん断強さは金型・砂型両試験片の差が少なく、実体はそれら標準試験片に対して平均して約 82~83% の値を示している。

総合すれば、従来の実体試験の結果と比較して硬さの変動がやや目立つたが、平均値で砂型試験片の機械的性質に比較的近い性質の実体がえられた。

8. 結 言

鋳造用アルミニウム合金のなかでは鋳造性もよく耐食性もよい AC4C ではあるが、細身で長い形状なので鋳造技術に細心の注意が必要であると思われる、小型レーダ反射鏡の実体試験を実施した。結果は鋳込み温度を十分制御し、ガス抜きを十分に、押湯を適当にとれば、**Table 7** に示すように全体として砂型標準試験片の性質に近い性質を示すことが判つた。

本報告の試験実施に当り春元鋳造工業株式会社社長阿部忠徳氏の御好意に負う処大であり、また費用の一部は財団法人軽金属奨励学会の研究資金によつたことを付記して、ここに深甚なる謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 森永, 財満, 青野: 鋳物, **32, 8** (1960) 547.
- 2) 森永, 財満, 青野: 鋳物, **34, 6** (1962) 451.
- 3) アルミニウム鋳物委員会: アルミニウム合金鋳物 (昭 33. 軽金属協会刊)