

ヒドロナリウム Al 合金鋳物の機械的特性

長坂明彦^{*1}・中澤啓明^{*2}・掛川洋平^{*3}
 田口信司^{*3}・小山敦史^{*3}・深井郁夫^{*4}

Mechanical Properties of Hydronalium Aluminum Alloy Castings

NAGASAKA Akihiko^{*1}, NAKAZAWA Takaaki^{*2}, KAKEGAWA Yohei^{*3},
 TAGUCHI Shinji^{*3}, KOYAMA Atsushi^{*4} and FUKAI Ikuo^{*4}

キーワード：ヒドロナリウム，アルミ合金鋳物，機械的特性

1. はじめに

ヒドロナリウムは、Mg を加えた Al 合金鋳物で、耐蝕性が最良で、伸びおよび衝撃値が高いが鋳造性が良くない^{1,2)}。とくに、薄肉物を鋳込むとき、湯流れ等が良くないという欠点がある。現在、水中ポンプの構成部品にヒドロナリウムが採用されるなど、今までにない軽量でしかも高性能なポンプが誕生している。

そこで本研究では、ヒドロナリウムの鋳造性を改善することを目的として、まず鋳込み温度の異なるヒドロナリウムの機械的性質（引張り，衝撃，硬さ，ねじりおよび疲労限）を調査・検討した。

2. 実験方法

供試材には表1の化学組成を有する3種類のAl合金鋳物を用いた。Mg系Al合金鋳物であるヒドロナリウム(7A)の鋳込み温度は、750℃と770℃とした。比較として、Si系Al合金鋳物であるシルミン(4B)を用い、鋳込み温度は750℃とした。以後7A750，7A770

表1 アルミ合金鋳物の化学組成 (mass%)

Alloy	Casting Temp.	Cu	Si	Mg	Al
7A	750℃	0.03	0.11	4.50	bal.
	770℃				
4B	750℃	3.30	8.70	0.35	bal.

2005年3月9日(社)日本機械学会北陸信越支部第42期総会・講演会にて一部発表。

*1 機械工学科教授

*2 (有)中澤鋳造所

*3 長野工業高等専門学校専攻科

生産環境システム専攻学生

*4 技術室第一技術班

原稿受付 2005年5月20日

および4Bと呼ぶことにする。

衝撃試験にはVノッチ試験片(図1)を用い、板厚 t を2.5, 5.0, 7.5および10.0 mmのサブサイズ試験片に加工後、シャルピー衝撃試験機により試験を行った。シャルピー衝撃値 C (J/cm²)は次式(1)によって評価した。

$$C = WR(\cos \beta - \cos \alpha) / A \dots (1)$$

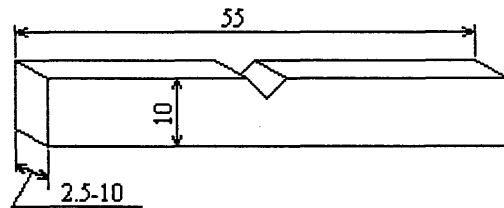


図1 シャルピー衝撃試験片

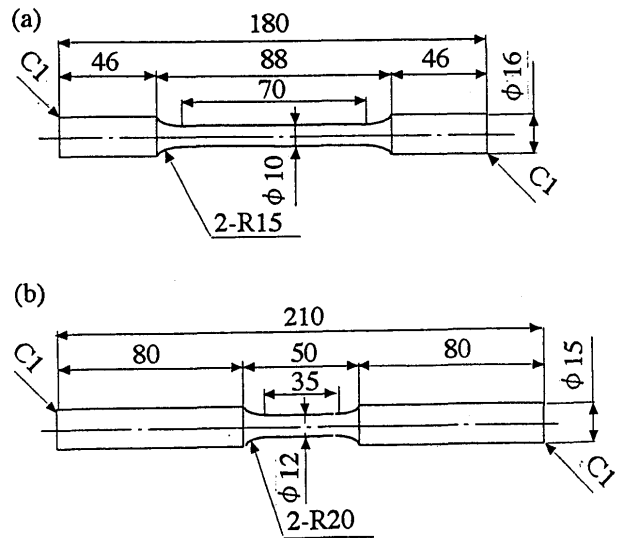


図2 試験片形状

(a) JIS14A号試験片, (b) 回転曲げ疲労試験片

ここで、 W (N), R (m), β (deg), α (deg) および A (cm²) はそれぞれハンマの荷重, 腕の長さ, ハンマの持ち上げ角, 試験片破断後のハンマの持ち上り角 および切欠き部の原断面積である。

引張試験には JIS14A 号試験片 (GL=50mm) を用いた (図 2(a))。インストロン型万能試験機により, クロスヘッド速度は 1mm/min (ひずみ速度 2.4×10^{-4}) で試験を行った。

一方向ねじり試験には JIS14A 号試験片を用いた (図 2(a))。ねじり速度は 50deg/min で試験を行った。ねじり試験機により, トルクとねじれ角を出力した。

疲労試験には平滑試験片を用いた (図 2(b))。小野式回転曲げ疲労試験機により, 試験を行った。なお, 必要に応じて, ビッカース硬さ測定を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 ミクロ組織, 引張りおよびねじり特性

図 3 に 7A750 のミクロ組織を示す。腐食は水酸化ナトリウム水溶液で 10s, 硝酸水溶液で 10s 洗浄後, 同様の水酸化ナトリウム水溶液で 15min, 水洗い 10min

で行った。

表 2 に供試材のシャルピー衝撃値 C (J/cm²), ビッカース硬さ HV (荷重 9.81N), 引張強さ TS (MPa), 全伸び TEI (%), 強度-延性バランス $TS \times TEI$ (MPa%) およびねじり強さ (最大せん断力) τ_{max} (MPa) を示す。

図 4 に衝撃値と板厚の関係を示す。

図 5 に破断後の引張試験片, 図 6 に引張破面および図 7 に応力-ひずみ曲線を示す。

また, 図 8 に破断後のねじり試験片を, 図 9 にねじり破面および図 10 にトルク (M_T) とねじれ角 (θ) の関係を示す。ここで, $TS \times TEI$ は延性の指標として, 引張強さと全伸びの積で比較した。 τ_{max} は次式(2)により求めた。

$$\tau_{max} = 16M_T / (\pi d^3) \cdots (2)$$

ここで, M_T (Nm) および d (mm) は, それぞれ最大トルクおよび初期直径である。

表 2 アルミ合金鋳物の機械的特性

Alloy	Casting Temp.	C (J/cm ²)	HV	TS (MPa)	TEI (%)	$TS \times TEI$ (MPa%)	τ_{max} (MPa)
7A	750	11.7	95	158	5.7	901	37.3
	770	—	115	152	5.2	790	34.2
4B	750	2.6	120	172	1.4	241	26.5

C : シャルピー衝撃値, HV : ビッカース硬さ (荷重=9.81N), TS : 引張強さ, TEI : 全伸び, $TS \times TEI$: 強度-延性バランス, τ_{max} : 最大せん断力

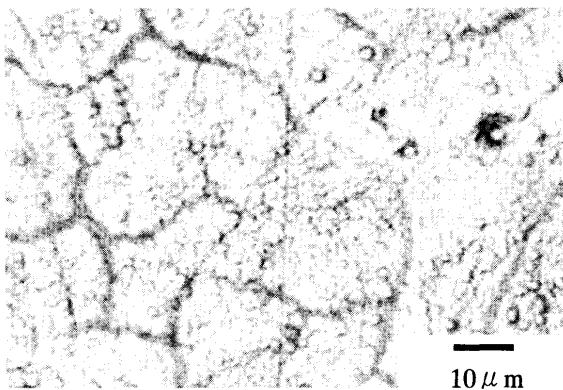


図 3 7A750 の組織写真

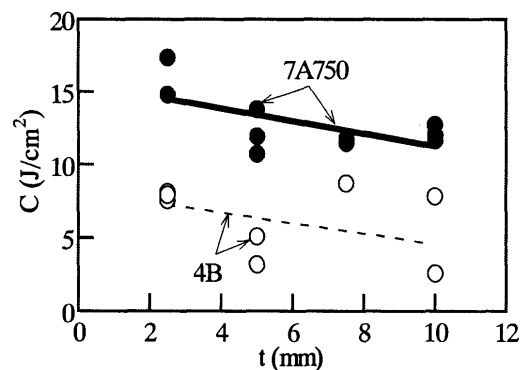


図 4 衝撃値と板厚の関係

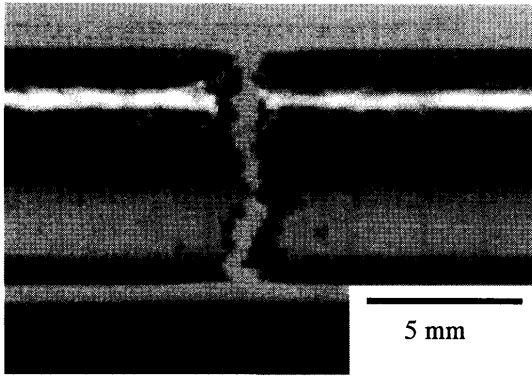


図 5 破断後の引張試験片

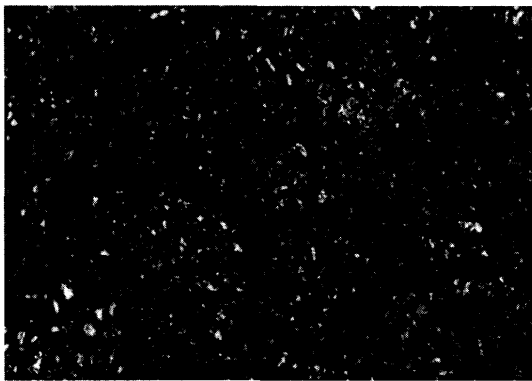


図 6 引張破面

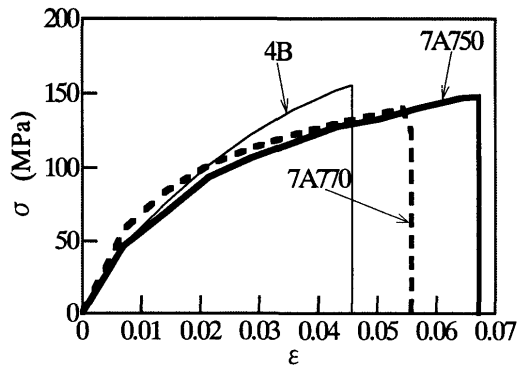


図 7 応力-ひずみ曲線

表 2 より、ヒドロナリウム 7A750 のシャルピー衝撃値 C は、4B より 4 倍程度高く、相対的に靱性が高いことがわかる。ピッカース硬さ HV および引張強さ TS は同等であるが、ヒドロナリウムの全伸びが大きく、ヒドロナリウムは 4B より良好な強度-延性バランス $TS \times TEI$ を示した。

図 4 より、7A750 は 4B に比べ板厚が薄くなると、衝撃値が高くなる傾向にあることがわかる。

図 7 より、引張強さ TS は変わらないが、7A750 の伸びが相対的に大きいことがわかる。

図 10 より、7A750 のトルクとねじれ角が相対的に大きく、ねじり強さ τ_{max} も高いことがわかる(表 2)。

以上のことより、ヒドロナリウムの鋳込み温度は、750℃の機械的特性が優れていた。これは、790℃の鋳込み温度で、ピンホールが発生することなどが一因であると考えられる。

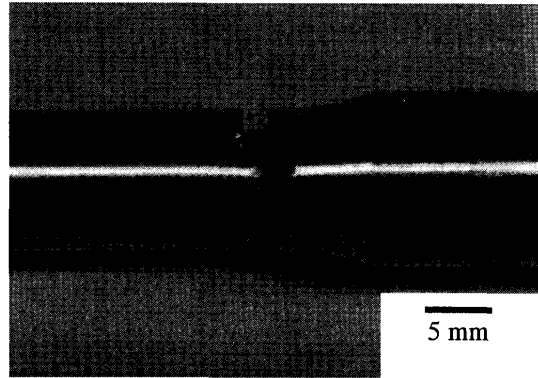


図 8 破断後のねじり試験片 (7A750)

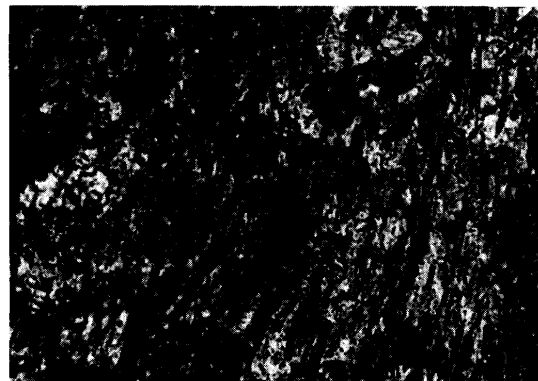


図 9 ねじり破面

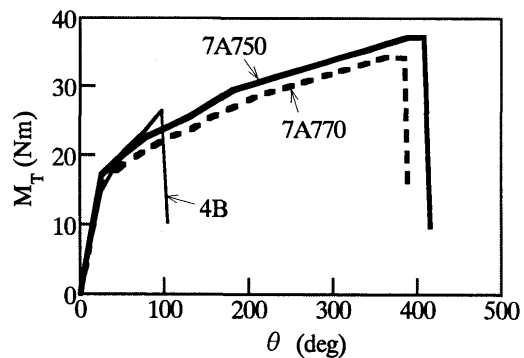


図 10 トルク-ねじれ角線図

3.2 疲労特性

図 11 に破断後の疲労試験片 (7A750, $S=70$ MPa, $N=2.4 \times 10^6$ 回) を、図 12 に疲労破面および図 13 に応力振幅 (S) と繰返し数 (N) の関係を示す。各合金鋳物とも、疲労限は約 58MPa と予想される。疲れ強さは 7A750 で $S=70$ MPa, $N=2.4 \times 10^6$ 回および 7A770 で $S=70$ MPa, $N=4.9 \times 10^6$ 回となった。ヒドロナリウムは鋳込み温度の影響をあまり受けなかった。

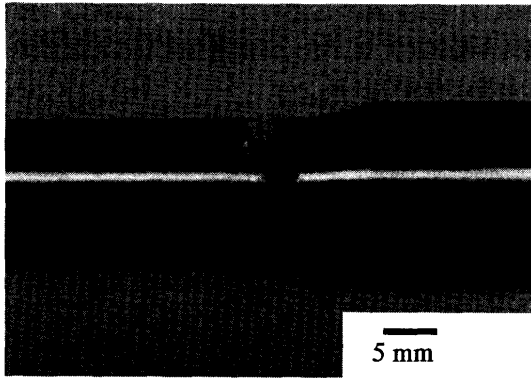


図 11 破断後の疲労試験片 (7A750)

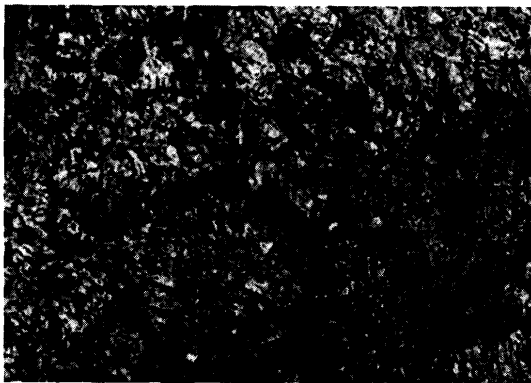


図 12 疲労破面

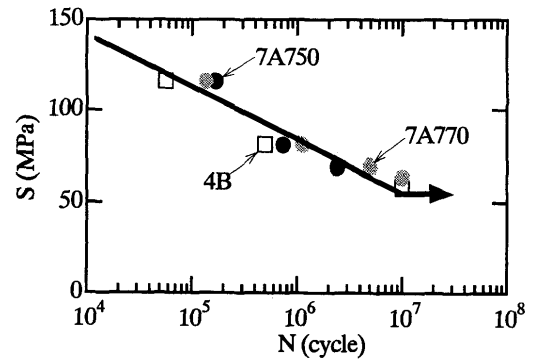


図 13 応力振幅 (S) - 繰返し数 (N) 曲線

4. 結言

ヒドロナリウム Al 合金鋳物の機械的特性を調査した。主な結果は以下のとおりである。

- (1) ヒドロナリウムの引張特性は、鋳込み温度 770℃ に比べ、750℃ で強度-延性バランス $TS \times TEI$ に優れた。
- (2) ヒドロナリウムのねじり特性は、750℃ と 770℃ で鋳込み温度の影響をあまり受けなかった。
- (3) ヒドロナリウムの疲れ強さは、750℃ と 770℃ で鋳込み温度の影響をあまり受けなかった。

参考文献

- 1) 門間改三：大学基礎機械材料 SI 単位版，(1978)，170.
- 2) 森永卓一：現場アルミニウム合金鋳物，(1990)，23.