

アルミニウム合金鋳物の引張り特性に及ぼす
デンドライト組織と凝固欠陥の影響

林 忠夫*・大島 聰範**・桑原 克典***
伊藤 進****・舟根 智久*****

Effect of Dendrite Structure and Small Casting defects
on the Tensile Properties for AC4CH and NS50 Aluminum Alloy Castings

Tadao HAYASHI, Toshinori OSHIMA, Katsunori KUWAHARA,
Susumu ITOU and Tomohisa HUNANE

Abstract

The tensile strength, the elongation and vickers hardness of the aluminum alloy casting used for the aluminum wheel (AC4CH) of motorcycles and for the parts (NS50) of Shinkansen were investigated. Consequently, the main factors which affect mechanical properties are small casting defects, the influences of dendrite structure can be hardly found. When the rate of defect is about 5% or less, tensile properties of aluminum alloy castings are not influenced of casting defects.

Key words : Tensile properties, Dendrite arm-spacing, Casting defect

1. 緒 言

アルミニウム合金鋳物（Al-Si-Mg 系）は鋳造性に優れ、機械的性質も良いことから自動車の足回り部品（ホイール、ブレーキキャリパ等）、航空機用エンジン部品および油圧部品などの高信頼性の鋳物に用いられている。一般に鋳造製品の機械的性質は、組織および凝固欠陥に左右される。著者らは鋳造材の引張り特性を支配する要因の大部分が凝固欠陥によるものであり、これに比べればデンドライト組織の寄与は小さいことを報告した¹⁾²⁾。製品の品質向上および管理を考えると、実体鋳物の各部分における引張り特性と組織および欠陥との関係を明らかにすることは重要であろう。本稿では安全性の見地から、より優れた品質が要求される自動二輪車用アルミホイールの各部と新幹線用車両部品の座席フレームについて材料強度試験を行い、機械的性質に及ぼすデンドライト

組織および微小凝固欠陥の影響について若干の検討を行った。

2. 供 試 材

実験に用いた材料は、日本軽金属（株）苫小牧製造所で鋳造された自動二輪車用アルミホイール（JIS：AC4CH 合金）および新幹線用車両部品（社内規格：NS50合金）である。表 1 に AC4CH 合金の化学成分を示す³⁾。なお、NS50合金は AC4CH 合金の Si 量を抑えた改良合金（Al-5Si-Mg-Sb 系）で、日本軽金属で開発された合金である。図 1（a）にアルミホイールのリム部、スポーク部、（b）に車両部品（座席フレーム）の試験片採取位置を示す。図 2 に各部から採取した材料より製作した試験片の形状および寸法を示す（JIS14B 号）³⁾。表 2 に試験片の熱処理条件（溶体化、時効）を示す。

* 技 官 (技術専門職員) 機械実習工場
** 名誉教授 苫小牧高専
*** 技 官 機械工学科
**** 豊橋技術科学大学
***** 三和シャッター工業（株）

表 1 AC4CH 合金の化学成分 (wt%)

Si	Mg	Zn・Mn	Cu・Fe・Ti	Ni・Pb・Sn・Cr	Al
6.5 ~7.5	0.25 ~0.45	0.10 以下	0.20 以下	0.05 以下	残部

表 2 試験片の熱処理条件

		AC4CH	NS50
溶体化		535℃－5.5hr W.Q	535℃－10hr W.Q
時効	自然	室温－2hr	室温－6hr
	人工	140℃－4hr	150℃－5hr

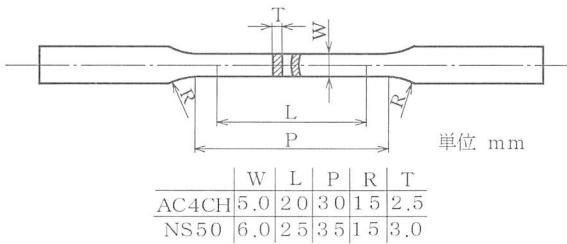
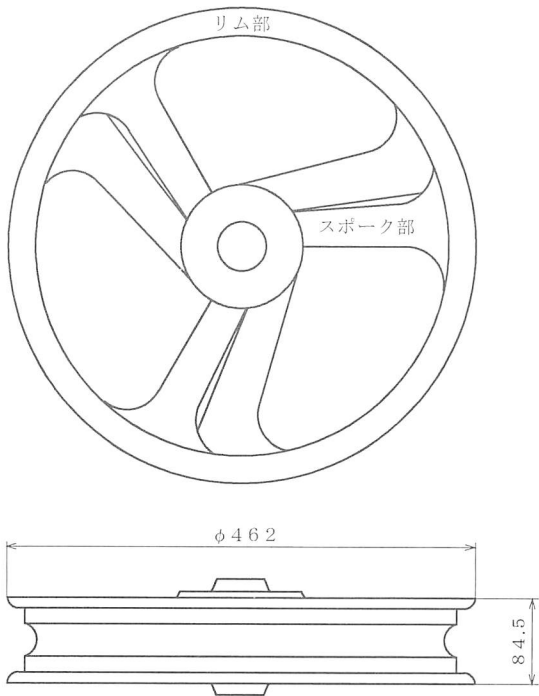
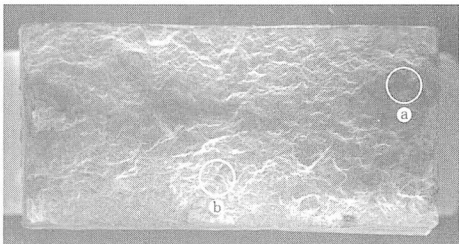


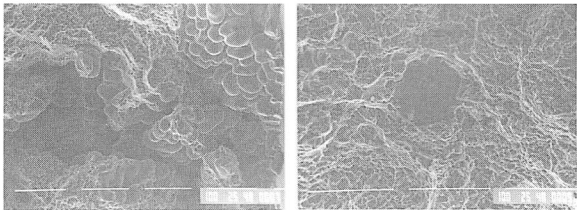
図 2 試験片の形状および寸法



(a) 自動二輪車用アルミホイール



引張り破断面 ×15



(a) 分離欠陥 ×200 (b) 介在物欠陥 ×350

図 3 引張り破断面と分離欠陥および介在物欠陥の SEM 像

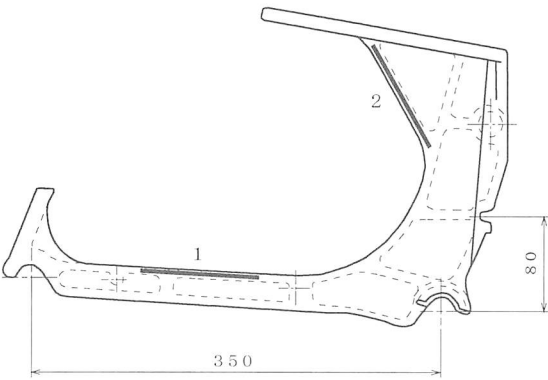
3. 実験方法

引張り試験はコンピュータ計測制御式精密万能試験機を使用し、引張り速度 8.3×10^{-6} m/sで行った。破面観察は走査型電子顕微鏡 (SEM)，組織観察は10% NaOH で腐食後，金属顕微鏡で検視した。デンドライトアームスパーシング (D.A.S) の測定は交線法で行った⁴⁾。欠陥率 R_s (%) は引張り破断面から破面上の欠陥の投影形状を，ASME Sec. XI の基準に基づいて円または楕円で近似し⁵⁾，それらの面積の総和 A_c ，破面の全面積を A_f から $R_s = A_c/A_f$ で求めた。硬さ測定はビッカース硬さ試験機で行った。

4. 実験結果および考察

4. 1 自動二輪車用アルミホイール (AC4CH 合金)

図 3 にスポーク部の引張り試験後の破断面と分離欠陥 (a) および介在物欠陥 (b) の SEM 写真



(b) 車両部品 (座席フレーム)

図 1 アルミホイールおよび車両部品の試験片の採取位置

を示す。引張り破断面には凝固収縮によって発生したデンドライト分離欠陥（鋳巣）と介在物欠陥が存在している。図4に押湯が有る時と無い時のスポーク部の上部および下部鋳型の組織を示す。押湯の有無にかかわらず上部鋳型に比べ下部鋳型の組織が細かい。これは冷却速度の違いによるものと考えられる。

図5にリム部およびスポーク部のデンドライトアームスペース d と引張り強さ σ_B および伸び δ との関係を示す。デンドライトアームスペース $25\sim 70\mu\text{m}$ では、リム部およびスポーク部の引張り強さおよび伸びは、押湯の有無にかかわらずそれぞれ $240\sim 290\text{MPa}$ 、 $1.4\sim 15\%$ とばらつ

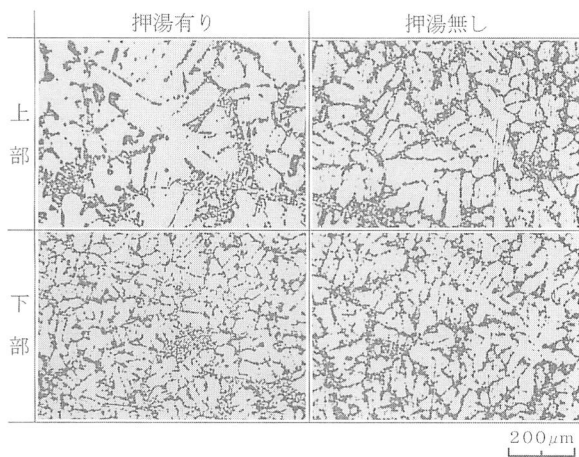


図4 スポーク部における押湯の有無、無しおよび鋳型の上、下部の顕微鏡組織

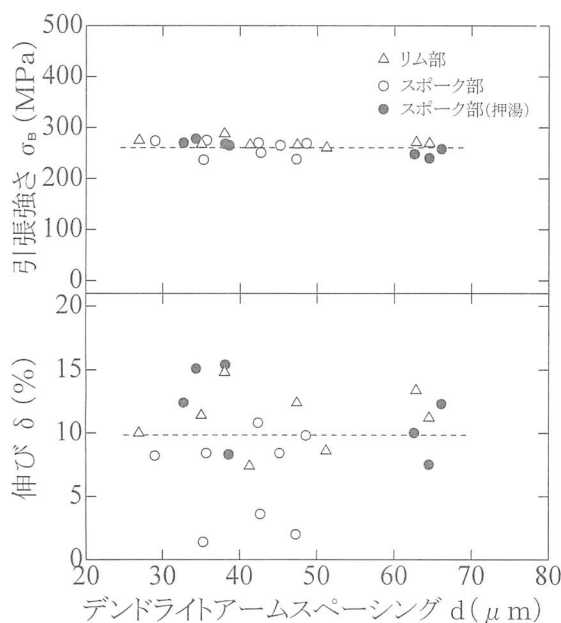


図5 デンドライトアームスペースと引張り強さおよび伸びとの関係

きが大きいもののほぼ一定である。

図6にリム部およびスポーク部の欠陥率 R_s と引張り強さ σ_B および伸び δ との関係を示す。欠陥率が約5%までのリム部およびスポーク部の引張り強さおよび伸びは、それぞれ約 270MPa 、約11%と押湯の有無にかかわらずほぼ一定である。しかし、約5%以上で急激に低下する。これは大きな分離欠陥が存在するためと考えられる。ただし、押湯が有る場合は分離欠陥が発生していない。この分離欠陥の減少は、押湯により鋳型内に流し込んだ湯の凝固収縮によって生じる湯の不足が補

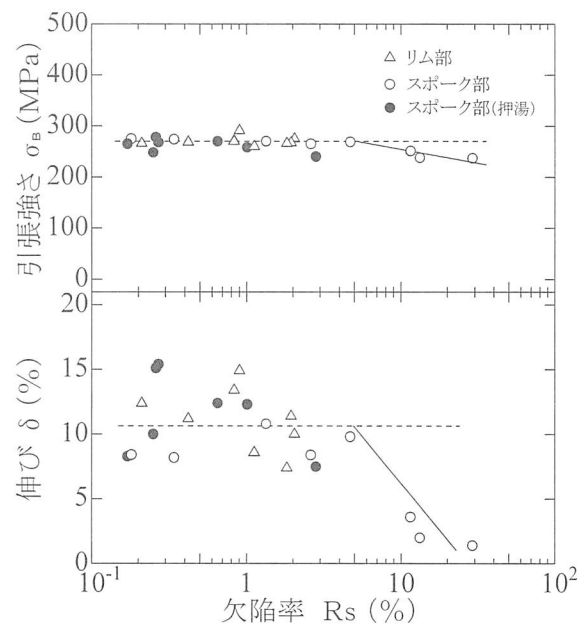


図6 欠陥率と引張り強さおよび伸びとの関係

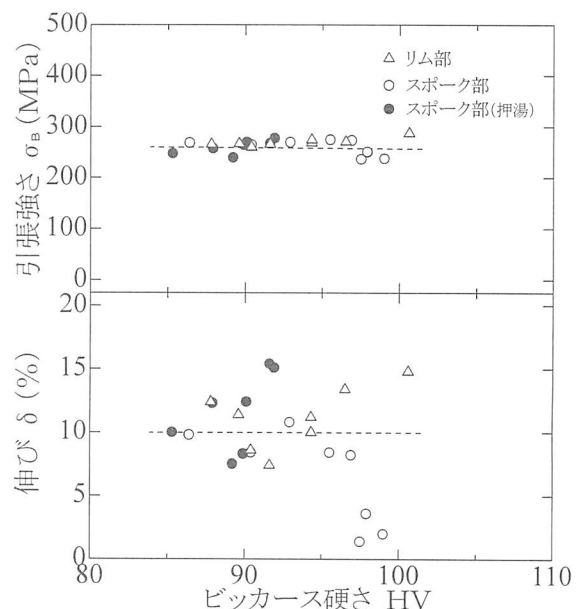


図7 硬さと引張り強さおよび伸びとの関係

われたためと考えられる。

図7にリム部およびスポーク部のビッカース硬さHVと引張り強さ σ_B および伸び δ との関係を示す。引張り強さおよび伸びはそれぞれ約265MPa、約10%とばらつきが大きいもののほぼ一定であり、ビッカース硬さによる違いは見られない。以上の結果から、試験片の採取位置（リム部、スポーク部）による引張り強さおよび伸びの違いはみられない。

4. 2 新幹線用車両部品（NS50合金）

図8にNS50合金の引張り試験後の破断面の写真を示す。破断面には図3のAC4CH合金（アルミホイール）と同様、分離欠陥と多数の介在物欠陥が存在している。

図9にデンドライトアームスペーシングdと引張り強さ σ_B および伸び δ との関係を示す。デンドライトアームスペーシング30～55 μm では、引張り強さ約285MPa、伸び約7%とばらつきが大

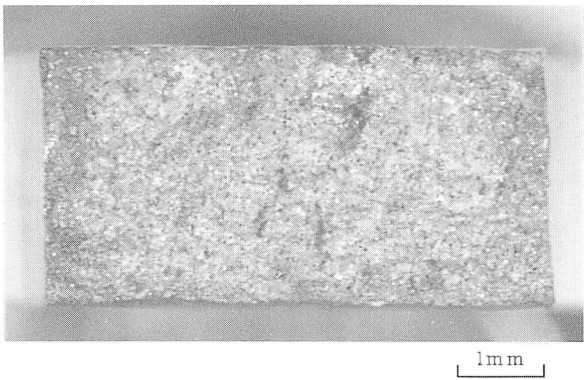


図8 引張り破断面におけるSEM像

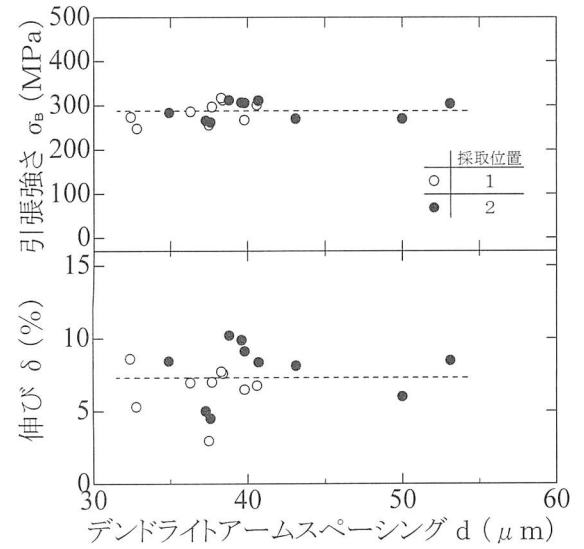


図9 デンドライトアームスペーシングと引張り強さおよび伸びとの関係

きいもののほぼ一定である。

図10に欠陥率 R_s と引張り強さ σ_B および伸び δ との関係を示す。欠陥率5%までは引張り強さおよび伸びがほぼ一定で、それ以上では低下する。このように5%以上の凝固欠陥（分離・介在物）は、引張り特性に大きな影響を及ぼすといえる。

図11にビッカース硬さHVと引張り強さ σ_B および伸び δ との関係を示す。引張り強さは硬さ88HVで248MPa、116HVで312MPaと硬さの増加に伴い増加するが、伸びは約7%とほぼ一定である。

これらの結果からNS50合金は、AC4CH合金などの材料と比べて優れているといえる。なお、アルミホイールの場合と同様に、試験片の採取位置（1、2）によって引張り強さおよび伸びに違

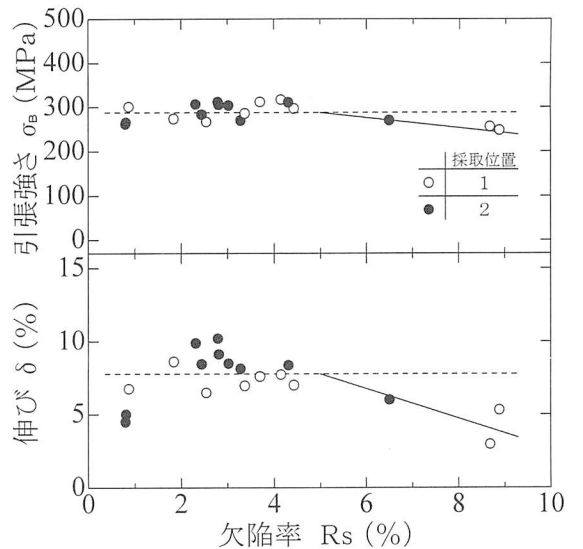


図10 欠陥率と引張り強さおよび伸びとの関係

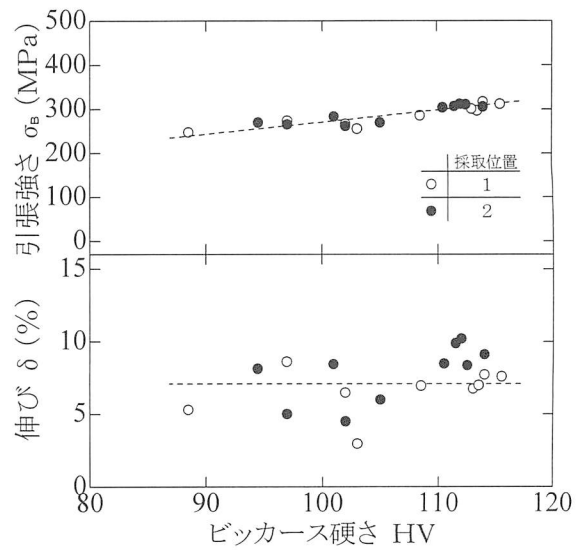


図11 硬さと引張り強さおよび伸びとの関係

いはみられない。

一般にアルミニウム合金鋳物は、デンドライトアームスペーシングの増加にともなって引張り強さおよび伸びが減少するとされているが、本実験で使用した材料では、組織の粗密による影響が小さいためにこの傾向がみられない。また、欠陥率が約2%以上で引張り特性に影響を及ぼすといわれているが、本実験の合金材では、欠陥率が約5%まで影響を及ぼさなかった。

以上、本実験において先に報告した自動車用アルミホイール……¹⁾およびブレーキキャリパ……²⁾と同様、鋳造材の引張り特性を支配する要因は、微小凝固欠陥でありこれに比べればデンドライトアームスペーシングの寄与は極めて小さいと考えられる。

5. 結 言

アルミニウム合金鋳物の自動二輪車用アルミホイールと新幹線用車両部品について、機械的性質に及ぼすデンドライト組織および微小凝固欠陥の影響について検討し、次の結果が得られた。

- (1) AC4CH・NS50合金材とも機械的性質を支配する主な要因は、微小凝固欠陥でありデンドライト組織（デンドライトアームスペーシング）による影響は小さい。
- (2) 凝固欠陥には分離欠陥と介在物欠陥が存在し、押湯を行うと分離欠陥が減少する。
- (3) 欠陥率が約5%以下では、AC4CH・NS50合金材とも引張り特性に影響を及ぼさなかった。

謝 辞

実験に使用した材料は、日本軽金属（株）苫小牧製造所より提供されたものであり、そのご厚意に深く感謝の意を表します。また、本稿をまとめるに当たり、機械工学科池田慎一助手にご指導、ご助言いただいたことを記し感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 大島聰範，林 忠夫：自動車用アルミホイールの材料強度特性に及ぼす微小凝固欠陥の影響，苫小牧高専紀要，第23号（1988）p.1
- 2) 林 忠夫，大島聰範，濱野康彦，桑原克典：ブレーキキャリパ用高強度・高靱性アルミニウム合金鋳物の引張りおよび疲労特性，苫小牧高専紀要，第37号（2002）p.43
- 3) 日本規格協会：JIS ハンドブック，非鉄，H5202（2002）
- 4) 軽金属学会，鋳造・凝固部会：デンドライトアームスペーシング測定手順，軽金属，vol.38（1988）p.54
- 5) Boiler and Pressure uessel Code：ASME, Sec. XI, Div. I（1977）

（平成15年11月26日受理）

