

アルミニウム合金鑄造材の機械的性質に及ぼす熱間圧縮加工の効果

林 忠夫*・大島 聰範**・大沼 崇***・桑原 克典****

Effect of Hot Compressive Working on the Mechanical Properties of Al-Si Alloy Casting

Tadao HAYASHI, Toshinori OSHIMA, Takashi ONUMA and Katsunori KUWAHARA

Abstract

The effect of hot compressive working, i.e. such as pseudo-hot isostatic pressing, on the mechanical properties of Al-Si alloy castings have been investigated by mean of microscopic examination, hardness test, tensile tests and rotating-bending fatigue test. As a result of hot compressive working, the small casting defects are disappeared and the ductility of castings is improved, whereas the dendrite arm-spacing is unaffected. The tensile strength and hardness of hot compressive worked castings are unaffected by the dendrite arm-spacing. The controlling factor in mechanical properties of Al-Si alloy castings is small casting defects.

Key words : hot compressive working, pseudo-hot isostatic pressing, mechanical properties, dendrite arm-spacing, small casting defect

1. はじめに

近年、様々な機械や構造物を軽量化するため、アルミニウム合金の使用量が増加してきている。さらに環境負荷の観点から、リサイクル性が非常に高いアルミニウム合金の利用は拡大の一途をたどっている。特に鑄物用合金では形状に対する自由度が高く、複雑な機械部品等の生産には有効である。このアルミニウム合金鑄造材の機械的性質を支配する主な因子は、凝固組織の特徴であるデンドライトアームスペーシングおよび微小凝固欠陥である。この両因子は基本的に凝固過程における冷却速度によって支配される。

著者らは、これまでに自動車用アルミホイール等の実体鑄造材において、アルミニウム合金鑄造材の機械的性質を支配する主要な因子としては、デンドライトアームスペーシングではなく微小凝固欠陥の影響が大きいことを報告した^{1) 2) 3)}。本稿では凝固過程の冷却速度により、この両因子を

変化させた試料を作成し、この試料にデンドライト組織の形態を変えずに微小凝固欠陥を圧着し消滅させるPSEUDO-HIP(擬熱間静水圧加工)^{4) 5)}的な熱間圧縮加工処理を行い、アルミニウム合金鑄造材の機械的性質に及ぼす凝固組織および微小凝固欠陥の影響について検討を行った。

2. 供試材および実験方法

使用した材料は日本軽金属(株)苫小牧製造所で鑄造されたJIS AC4CH合金である。表1にそのAC4CH合金の化学成分を示す。供試材は、金型(余熱なし)と砂型形状、寸法の異なる数種の鑄型に鑄込んだJIS4号舟型試験片から採取した。図1に舟型試験片からの熱間圧縮加工用素材および引張り・回転曲げ試験片の採取位置を示す。各種試験には鑄込みのままのAs-Cast材と熱間圧縮加工材(以下、圧縮加工材)の二種類を用いた。

表 1 供試材の化学成分 (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

* 技術専門職員 技術室(機械実習工場)
** 名誉教授 苫小牧工業高等専門学校
*** 千代田プロテック(株)
**** 技術職員 技術室(機械工学科)

舟型試験片から採取した供試材 ($\phi 26 \times 80\text{mm}$) を, 図2に示す熱間圧縮加工用サブプレスで 350°C , 4900N の熱間圧縮加工を行い, その後, T6処理 (溶体化 525°C , 時効 160°C) を行った. 図3に (a) 金型, (b) 砂型の供試材の顕微鏡組織 (デンドライト組織) を示す.

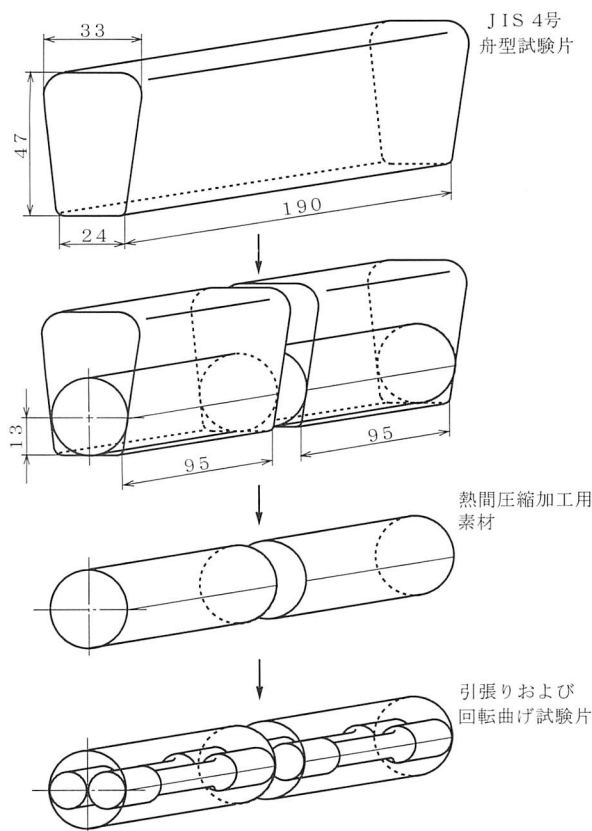


図1 舟型試験片からの採取位置

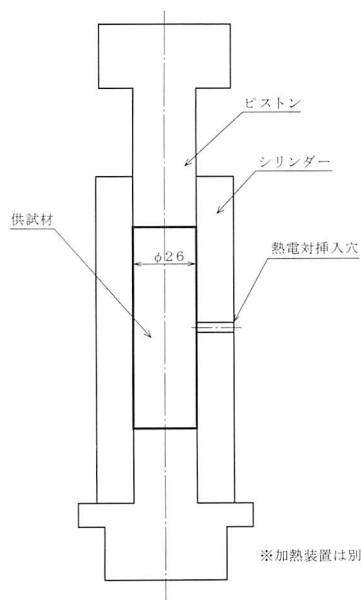


図2 熱間圧縮加工用サブプレス

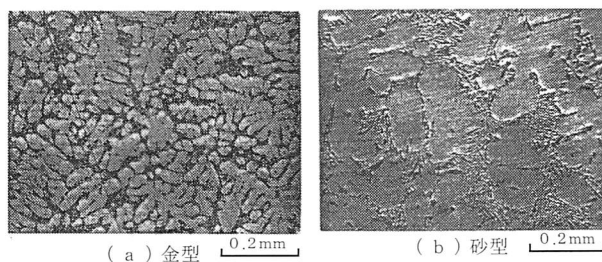


図3 供試材の顕微鏡組織写真

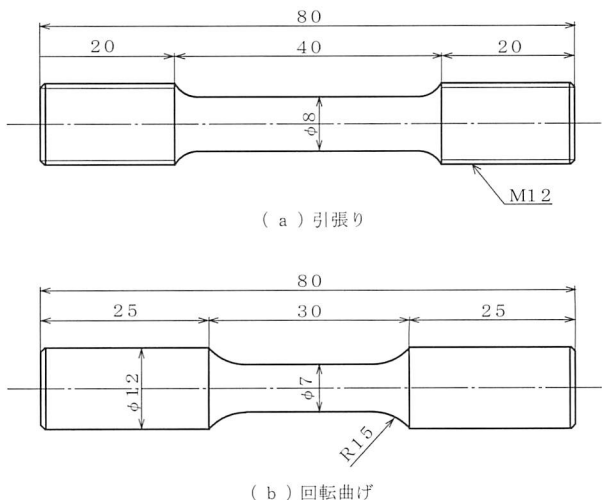


図4 試験片の形状および寸法

図4に熱間圧縮加工処理前後の引張り, 回転曲げ試験片の形状および寸法を示す. 引張試験は精密材料試験機 (島津オートグラフ DCS-20T) を使用し, 引張速度 $3.3 \times 10^{-5} \text{m/s}$ で行った. なお, 0.2%耐力は試験片に貼付した歪みゲージで測定した. デンドライトアームスペーシングの測定は交線法で求めた⁶⁾. 硬さはビッカース硬度計で測定し, 組織は金属顕微鏡で観察した. 疲労試験は小野式回転曲げ疲労試験機 (容量 $98\text{N} \cdot \text{m}$, 回転数 1440rpm) で行った.

3. 実験結果および考察

3. 1 引張特性

図5にデンドライトアームスペーシング d と引張強さ σ_B , 0.2%耐力 $\sigma_{0.2}$ および伸び δ との関係を示す. 引張特性は d の増加に伴い低下する一般的な傾向を示している. 伸びは圧縮加工材が As-Cast 材よりも向上している. これは, As-Cast 材の引張破面に観察されていた欠陥が圧縮加工材では観察されなかったことから, d に関わらず圧縮

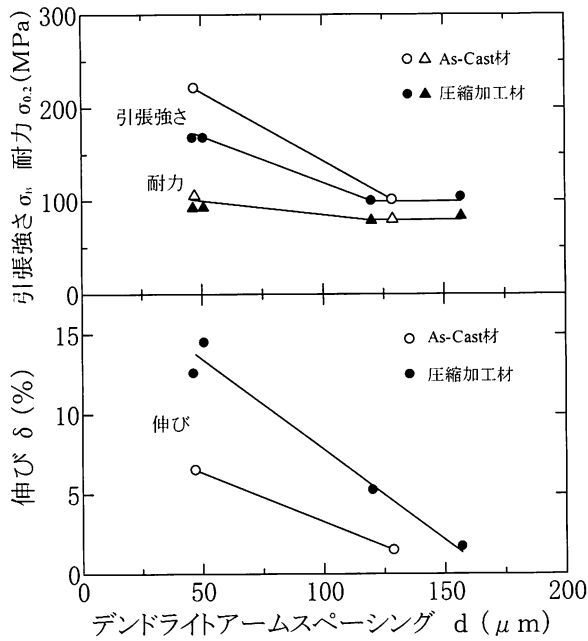


図5 デンドライトアームスペーシングと引張特性との関係

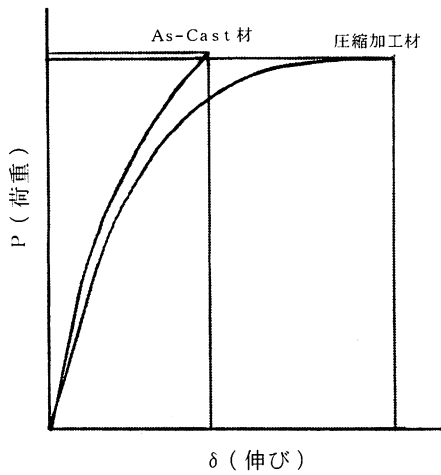


図6 P-δ曲線

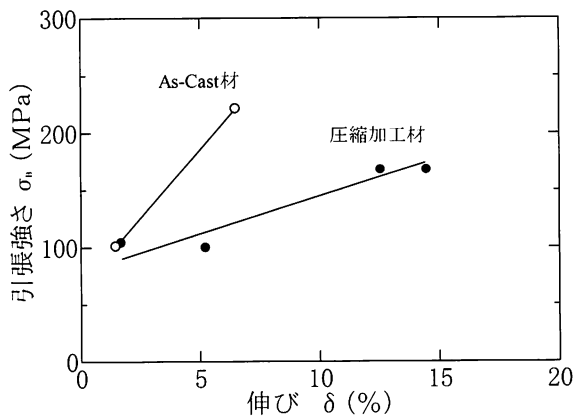


図7 伸びと引張強さとの関係

加工によって微小凝固欠陥が消滅することにより、伸び(延性)が増加したものと考えられる。しかし、 σ_B および $\sigma_{0.2}$ では圧縮加工による著しい変化は認められない。このことは図6に示しているP- δ 曲線において、圧縮加工によって伸びが増加しても荷重(強度)はほとんど変わらないことと一致している。

図7に伸び δ と引張強さ σ_B との関係を示す。 σ_B が約100~200MPaにおける伸びは、圧縮加工材のほうがAs-Cast材より大きい。また、その差は引張り強さが大きいほど顕著である。

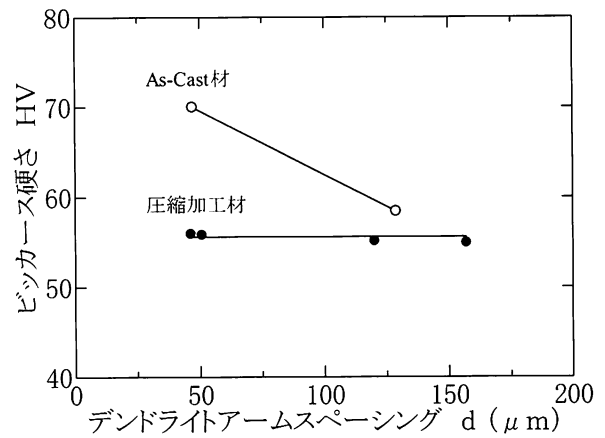


図8 デンドライトアームスペーシングと硬さとの関係

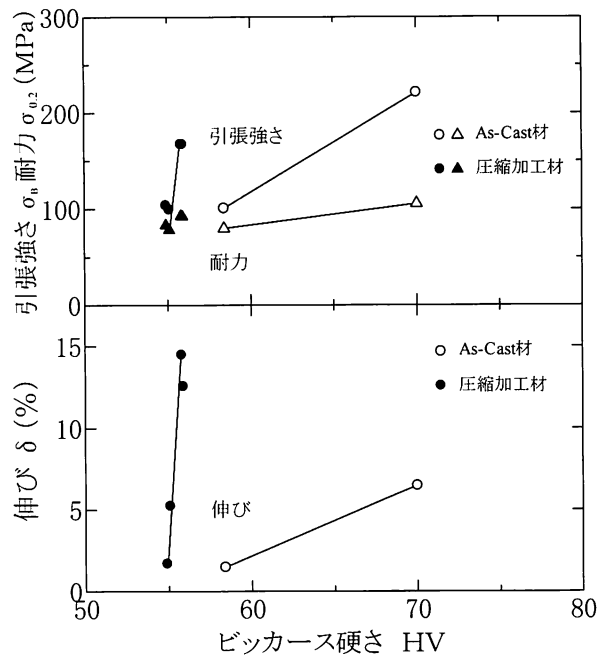


図9 硬さと引張特性との関係

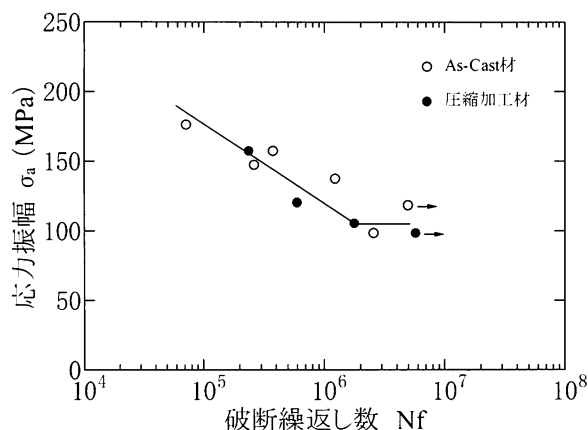


図10 As-Cast材および圧縮加工材のS-N曲線

3. 2 硬さ試験

図8にデンドライトアームスペーシング d とビッカース硬さ HV との関係を示す。As-Cast材の硬さは d の増加に伴い低下するが、圧縮加工材はAs-Cast材に比べ硬さが低いものの、 d の大きさに関わらずほぼ一定である。

図9にビッカース硬さ HV と引張強さ σ_B 、0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ および伸び δ との関係を示す。As-Cast材では硬さの増加に伴い引張特性も向上する。一方、圧縮加工材では試料による硬さの違いがほとんどないために、硬さの影響を見いだすことはできない。図8の傾向と併せて考えると、圧縮加工によって硬さが低下し、それに伴って引張強さも低下する。これらのことより、アルミニウム合金鋳造材に対する圧縮加工は、主として伸び(延性)の改善において有効であると考えられる。

3. 3 疲労試験

図10に回転曲げ疲労試験におけるS-N曲線を示す。As-Cast材と圧縮加工材との違いはほとんどなく、疲労強度に及ぼす圧縮加工の影響は認められない。この理由については明らかでない。今後の検討課題である。

また、今回使用した圧縮加工装置のサブプレス(図2)は、シリンダーとピストンからなる簡単なものであり、加熱装置と一体化にするなど装置の改善等が必要であると考えられる。

4. おわりに

アルミニウム合金(AC4CH)鋳造材の機械的性質に及ぼすPSEUDO-HIP(擬熱間静水圧加工)的な熱間圧縮加工の効果は、次のように要約される。

- (1) 熱間圧縮加工はデンドライトアームスペーシングには影響を及ぼさず、微小凝固欠陥を圧着消滅させると考えられる。その結果、鋳造材の延性は向上する。
- (2) 圧縮加工材の引張強さおよび硬さに及ぼすデンドライトアームスペーシングの影響はほとんど認められない。すなわち、鋳造材の機械的性質を支配する主要な因子は、デンドライトアームスペーシングではなく微小凝固欠陥であると考えられる。

謝 辞

本実験に使用した材料は、日本軽金属(株)苦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します。また、本稿をまとめるにあたり機械工学科高澤幸治助教授、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) 大島聡範, 林忠夫: 苦小牧高専紀要, 第23号(1988)p. 1
- 2) 林忠夫, 大島聡範, 濱野康彦, 桑原克典: 苦小牧高専紀要, 第37号(2002)p. 43
- 3) 林忠夫, 大島聡範, 桑原克典, 伊藤進, 舟根智久: 苦小牧高専紀要, 第39号(2004)p. 7
- 4) 新宮秀夫, 石原慶一: 粉体及び粉末冶金, 第37巻(1990)p. 670
- 5) 木村尚: 日本金属学会会報, 第25巻9号(1986)p. 732
- 6) 軽金属学会, 鋳造・凝固部会: 軽金属, vol. 38(1988)p. 54

(平成16年12月15日受理)