

## Vプロセスによる高強度アルミニウム合金鋳物\*

長坂 明彦<sup>\*1</sup>・深井 郁夫<sup>\*2</sup>・山本 周一<sup>\*3</sup>・中村 和弘<sup>\*3</sup>  
竹田 充<sup>\*4</sup>・川尻 将洋<sup>\*5</sup>・小島 敦<sup>\*6</sup>

### Vacuum Sealed Molding Process of High Strength Aluminum Alloy Casting

NAGASAKA Akihiko, HUKAI Ikuo, YAMAMOTO Shuichi, NAKAMURA Kazuhiro  
TAKEDA Mitsuru, KAWAJIRI Masahiro and KOJIMA Atsushi

Vacuum sealed molding process (V process) is adaptable process to environment, and it has characteristics of low-pollution, resource saving, and energy conservation. Its adaptability is very wide from small parts to big product, and this process can be used to make complex shaped parts and weight saving. The differences between V process and conventional process are dimensional accuracy and surface smoothness of production. V process is the most suitable process for miniaturization of automobile parts, robot arm and cost down, which are the current needs. Today, high strength aluminum alloy is demanded. So in this study, we devised a new casting process which fused quenched casting to V process, and in order to improve a tensile strength of aluminum alloy casting, we examined the mechanical property of aluminum alloy castings with different sands, and those treated with different water content processing, using V process.

キーワード: Vプロセス, アルミニウム合金鋳物, けい砂, 含水率

### 1. 緒言

Vプロセス (Vacuum Sealed Molding Process) は低公害・省資源・省エネルギーという特徴を持った、これからの環境に適応したプロセスである<sup>1)</sup>。

小物から大型製品まで適用範囲は広く、複雑な形状や薄肉軽量化にも対応できる。多品種少量から大量生産まで、フレキシブルに対応し、優れた寸法精度と鋳肌の美しさで従来の鋳造法との差別化を果たしている。

また、現在のニーズである、産業用ロボットの搬送品の大型化、自動車部品の小型化、ロボットアーム、

ハウジング、自動車部品等の軽量化、多種少量低コスト生産ニーズの拡大、コスト低減といったことに最適である。現在、Alの複合材鋳物等に代表されるように軽量で200MPa級高強度の鋳物が求められている。

そこで本研究では、Vプロセス鋳造法に鋳物急冷システムを融合した新たな鋳造プロセスの構築を試みた<sup>2)</sup>。また、Vプロセス鋳造法を用い、Al合金鋳物の引張強度の改善を目的として、冷却速度差に観点をおき、けい砂特性の異なるAl合金鋳物の機械的特性、含水処理によるAl合金鋳物の機械的特性について調査した。

### 2. Vプロセスについて

Vプロセスは別名、減圧鋳造法とも呼ばれ、砂型を用いて鋳造を行う砂型法に分類される方法の一つである。図1にVプロセスの外観を示し、旧来の砂型法との相違点、特徴を以下に示す。

- 旧来の砂型法との相違点 —
  - ・鋳物砂に粘結剤を使用しない。
  - ・樹脂性フィルムをシール剤として使用する。
  - ・フィルム内側と外気との差圧を利用して鋳型を形成する。
- Vプロセスの特徴 —
  - ・鋳物砂の流動性が良く、微振動によって隅々まで均一に充填され、瞬時に均一な硬度を得られ、大

\* 2007年3月8日(社)日本機械学会 北陸信越支部第44期総会・講演会にて一部発表。

本研究の一部は、(財)谷川熱技術振興基金および(財)長野県テクノ財団の助成を受けて行われた。

\*1 機械工学科教授

\*2 技術室第1技術班

\*3 アスザック株式会社

\*4 長岡技術科学大学 学生

\*5 生産環境システム専攻 学生

\*6 日産自動車株式会社

物も小物同様に造型できる。

- ・ 鑄肌のざらつきを抑え、非常にきれいな鑄肌を得ることができる。
- ・ 薄肉鑄物が鑄造できる。
- ・ 鑄物砂に型が触れず、型が磨耗せず量産用としても使える。

V プロセスは以上のような特徴を持っているため、現在の産業界において幅広く実施されている鑄造法の一つである。

### 3. 実験方法

供試材には 7.00Si-0.38Mg-0.01Zn-0.09Fe-0.14Ti, mass% の化学組成を有する Al-Si-Mg 系合金鑄物 (AC4CHV) を用いた。

鑄造には、V プロセス鑄造法を用い、2 種類のけい砂 (6 号砂 (粒径: 150~425 $\mu$ m) および 8 号砂 (粒径: 53~212 $\mu$ m)) を用いた。以後、6 号砂の Al を 6-Al, 8 号砂の Al を 8-Al と呼ぶ。塗型剤には、TALK (SKK) と TN コート (西村黒鉛株) を

TALK : TN コート = 7 : 3

の割合で配合後、エタノールを入れてボーム計の値が 10 を指すように作製し、使用した。フィルムには EVA フィルム (厚さ 0.06mm) を用いた。

図 2 に V プロセスの外観写真を示す。また、図 3 に V プロセスの断面の模式図を示す。図 2, 3 のように熱電対を鑄型内 (6-Al, 8-Al)、フィルムから 5mm (6-5mm, 8-5mm) および 10mm (6-10mm, 8-10mm) 離して温度計測を毎秒ごとに行い、安定するまで測定した。

また、6 号および 8 号砂を用いて、含水したけい砂 (6.9, 13.8, 27.6 wt%) の温度計測を併せて行った。

引張試験には、JIS4 号試験片 (直径 14mm, 標点距離 50mm) を用い、引張試験機により試験を行った。なお、必要に応じ、ピッカース硬さ測定を行った。

光学顕微鏡での観察では、アルミナでのバフ研磨を行い、その後、腐食 (硝酸 70% 水溶液を 70 $^{\circ}$ C で 3 分) を行った。

### 4. 実験結果および考察

図 4 に鑄込み後の温度と時間の関係を示す。Al の冷却速度は、8 号砂から 6 号砂に粒度を大きくすることで、速くなることがわかる。Al の製品温度 (6-Al) は 6 号砂の 5mm (6-5mm) の温度に約 20min で到達した。これは、6 号砂の冷却速度の方が相対的に速いためである。

表 1 に Al 合金鑄物の機械的特性を示す。6-Al と 8-Al

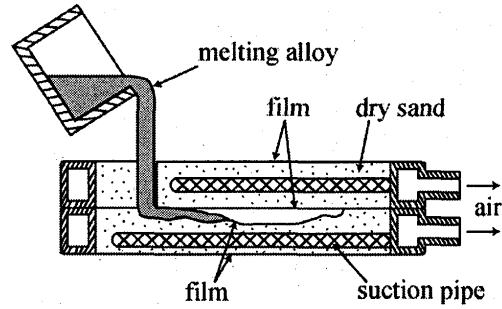


図 1 V プロセスの外観

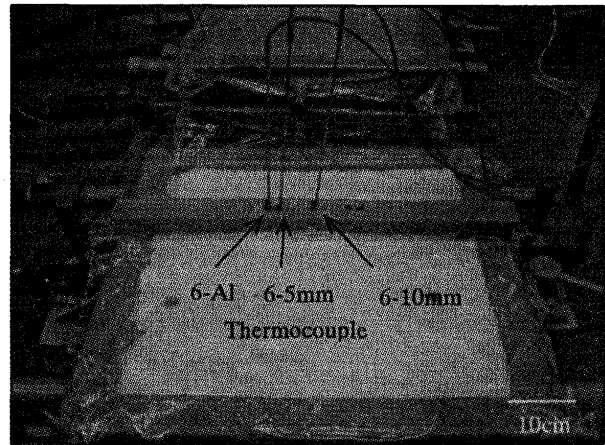


図 2 V プロセスの外観写真

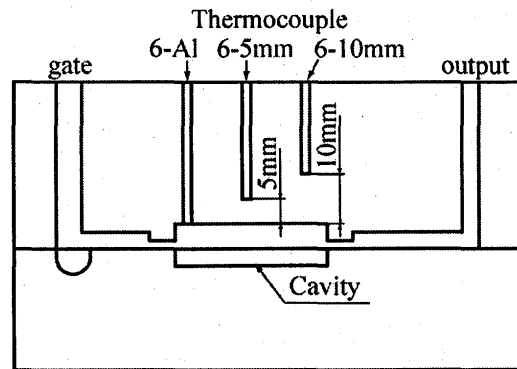


図 3 内部構造の模式図 (断面図)

の引張強さ  $TS$  は 8 号砂から 6 号砂に粒度を大きくすることで、約 8% 改善することがわかる。また、ピッカース硬さ  $HV$  は  $TS$  と同様な傾向を示す。一方、全伸び  $TEI$  は 2% 程度とそれぞれ小さい。

図 5 に引張強さ  $TS$  と含水率の関係を示す。8 号砂において、13.8% 含水したけい砂により、 $TS$  が 10% 程度改善することがわかる。また、6 号砂では 159MPa まで  $TS$  が改善できた。これは酸化熱が一因と考えられ

間の関係を示す。Alの冷却速度は、8号砂から6号砂の含水処理を行うことで、速くなることがわかる。鋳込み後の立ち上がりの温度のピークが50℃程度低いことがわかる。

図7, 8, 9にAl合金鋳物の微細組織を示す。含水率はそれぞれ、0, 13.6および27.2%である。含水の割合が多く（引張強さが高く）なるほど組織が微細化する傾向にある（図5）。

表1 Al合金鋳物の機械的性質

Alloy	TS(MPa)	TEI (%)	HV
6-Al	131	2.0	82
8-Al	121	2.5	70

TS: 引張強さ, TEI: 全伸び  
HV: ピッカース硬さ (load=9.81 N)

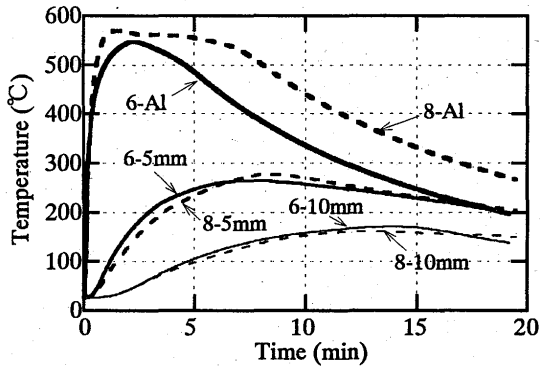


図4 けい砂粒度による鋳込み後の温度と時間の関係

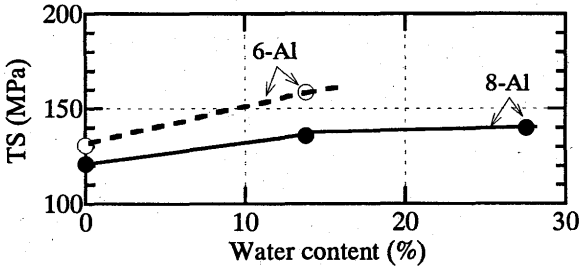


図5 引張強さ TS と含水率の関係

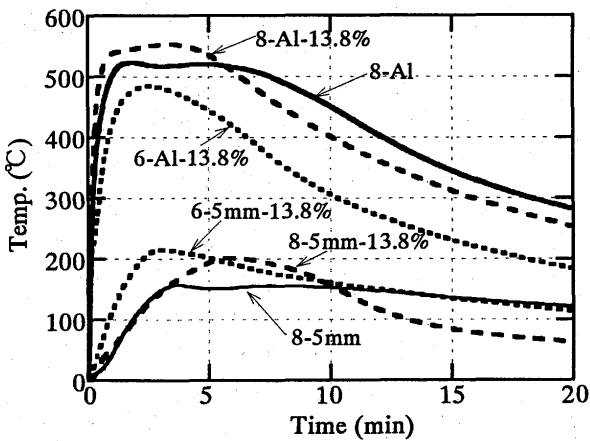


図6 含水による鋳込み後の温度と時間の関係

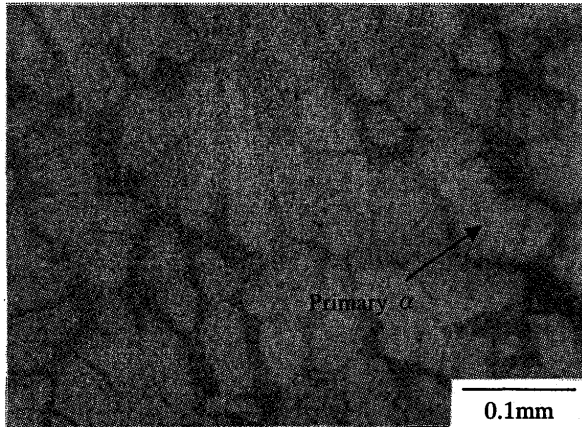


図7 Al合金鋳物の微細組織 (8-Al含水率0%)

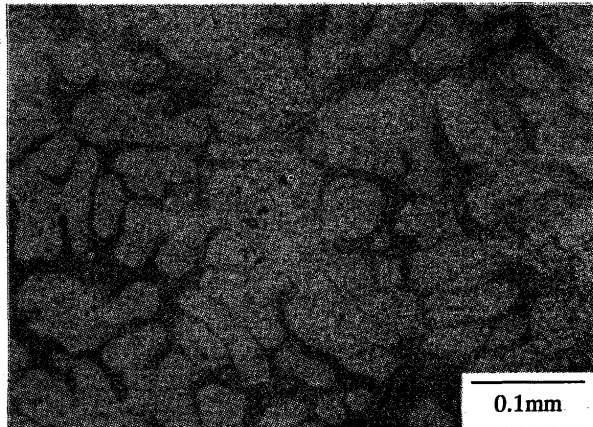


図8 Al合金鋳物の微細組織 (8-Al含水率13.6%)

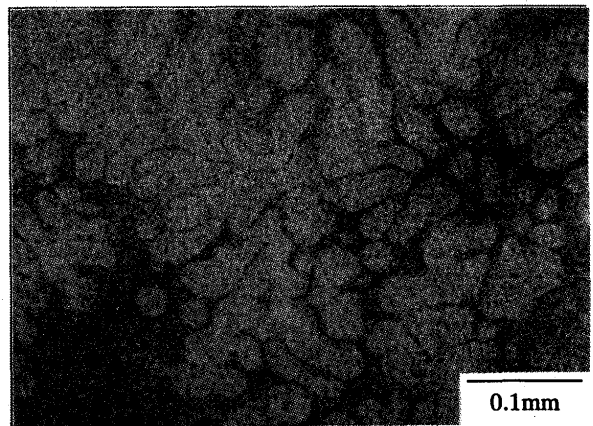


図9 Al合金鋳物の微細組織 (8-Al含水率27.2%)

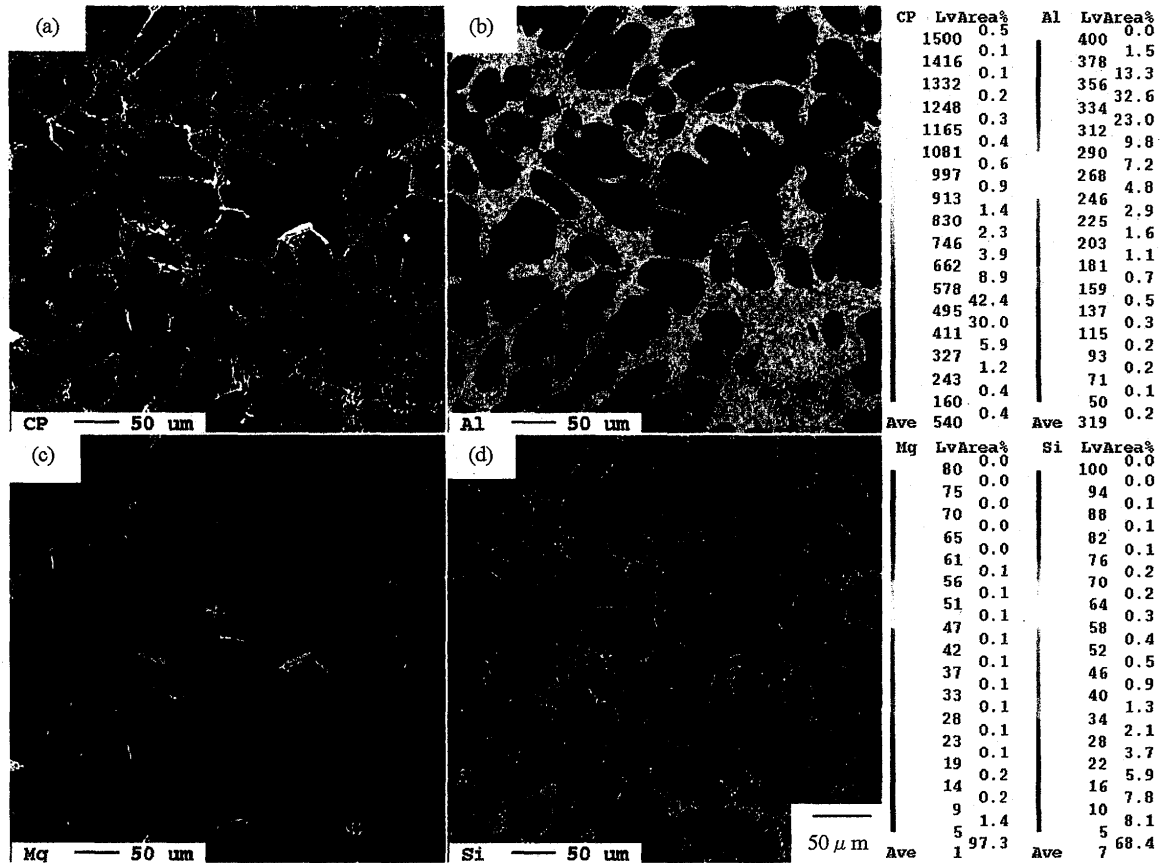


図10 組織および元素分布 ((a)反射電子組成像, (b)Al, (c)Mg, (d)Si )

図10に組織および元素分布を示す。EPMAのマップピング分析により組織断面図を観察し、それぞれ(a)反射電子組成像, (b)Al, (c)Mg, (d)Si'を示している。(a)において、反射電子は原子番号が大きいほど明るいことにより、Mg(原子番号:12)、Al(原子番号:13)およびSi(原子番号:14)のなかでSiが白いことがわかる。また、初晶 $\alpha$ は粒状であり、それらを取囲む共晶相は、微細晶出する。AlとSiの割合が非常に多くMgはほとんど存在しないことがわかる。Alは母相に多く、一方Siは第二相に多く分布し、MgはMgシリサイドとして粒状組織の界面に点在した。

## 5. 結言

Vプロセス鋳造法を用い、Al合金鋳物の引張強度の改善を目的として、冷却速度差に観点をおき、けい砂特性の異なるAl合金鋳物の機械的特性、含水処理によるAl合金鋳物の機械的特性について調査した。主な結果は以下のとおりである。

- (1) Vプロセス鋳造法を用い、けい砂粒度を制御することにより、引張強さTSは約8%改善した。
- (2) けい砂に13.8%含水することにより、引張強さTSは10%程度改善した。

最後に、本研究をご支援いただきました(財)谷川熱技術振興基金および(財)長野県テクノ財団に対し、深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 小林 俊郎:アルミニウム合金の強度, 内田老鶴園, (2001), 324.
- 2) 山本 周一, 中村 和弘, 長坂 明彦, 深井 郁夫, 竹田 充, 急速冷却鋳造法, 特許出願 2007-110557