

Vプロセス鋳造法



鋳造技術部鋳造技術企画課 豊田 信夫

1. はじめに

VプロセスとはVacuum Molding Process（減圧鋳造法）の略称で日本で発明された鋳造方法の一つです。Vプロセスは、砂をフィルムで包み込み、真空状態にすることで砂を固定する鋳造方法です。これによって、砂と粘土と水で型どりされる生型鋳造よりも、飛躍的に鋳物肌の美しい、より均一な品質を得ることができます。

Vプロセス鋳造設備は、昭和61年12月磐田第3工場に設置され、現在、鋳造金型の製造を開始しております。



写真1 Vプロセスによる銘板

2. Vプロセスの歴史

昭和46年、長野県工業試験所および(株)アキタによってVプロセスは共同開発された。

昭和46年2月 (株)アキタの久保好政氏と長野県工業試験場の中田邦位研究員とが共同でNK金型の研究を続けていた。金型の寿命、塗型剝離防止等の未解決の点があったが、塗型がしっかりすれば金型の寿命が伸びることは明きらかであった。彼らの実験の中で塗型を真空力で金型に吸い着けてはどうかという提案があった。これがそもそものVプロセスの始まりであった。

昭和46年3月 試作1号機完成する。これは、吹き込み中子造型機を改造したもので、Vプロセスの基本的な問題点はこの試作機により解決された。

昭和46年4月 基本発明特許出願完了する。

公開番号 昭和47年 第38727号

昭和47年 第38728号

昭和47年 第42227号

昭和47年 第42229号

昭和46年6月 基本装置特許出願完了する。

昭和46年8月 試作2号機および試作3号機完成する。

昭和46年12月 新東工業(株)と契約、Vプロセス装置の開発を依頼するとともにその装置の独占販売契約を締結する。

昭和47年1月 電気化学工業(株)とVプロセス用フィルム
の共同開発に着手する。

昭和48年4月 第15回科学技術功労者の表彰。
優れた国産技術の開発に貢献した発明者として
科学技術長官賞を受賞する。

昭和60年5月 磐田第3工場でVプロセスレンタル
装置を使って亜鉛合金の鑄造テストする。

昭和61年12月 磐田第3工場にVプロセス鑄造設
備を設置して、亜鉛合金型、アルミ製品の生産
を開始する。

3. Vプロセスの特長

3-1 写型性が良い

Vプロセスは、非常に流動性の良い、さらさら
とした砂を使用するため、きわめて小さい力で砂
が充填できるので、型の細かい形状や模様が、そ
のまま写し出すことが可能となり、輪郭のすっき
りとした鑄物ができる。また、これまで不可能で
あった精密な模様のある鑄物が製造できる。

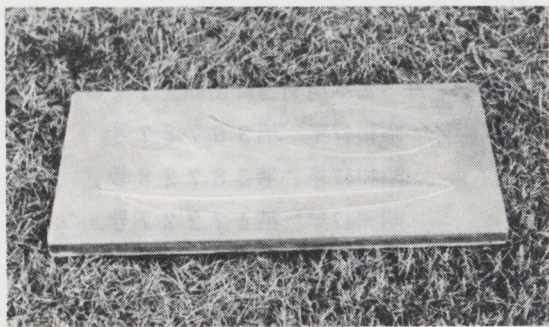


写真2 木の葉模様の鑄造品

3-2 型抜き性が良い

Vプロセスは、型と鑄型との間にフィルムがあ
ることと、真空で鑄型を吸引することによって、
型と鑄型との間の摩擦が小さくなり、鑄型からの

型抜きが容易になる。そのため、抜き勾配の小さ
い鑄物ができる。

3-3 鑄肌が美しい

細かい砂で鑄型ができるため、よりなめらかな
鑄肌になっている。

3-4 寸法精度が良い

Vプロセスは、写型性と型抜き性が良いことと、
真空の力を使って砂粒を固めて鑄型を造るので、
鑄型の強度がかなり大きく、鑄型の変形が小さく
なり、寸法精度が良くなっている。

3-5 工場環境が改善される

Vプロセスは、鑄物砂に水分、粘結剤を一切含
まないで、鑄物砂の流動性、充填性が優れてい
るとともに、鑄物砂が粘結固化されていないので
枠バラシもきわめて容易である。

従って、振動、騒音等による公害が少なく、ま
た従来のような粘結剤の燃焼によって発生する刺
激臭も皆無となる。

3-6 特別な設備を使う

Vプロセスは、鑄型内部を真空にすること、プ
ラスチックフィルムを用いることから、真空ポン
プ、フィルム加熱機、吸引ボックス等の一連の装
置が必要となる。



写真3 Vプロセスのフィルム

4. Vプロセスの概要

Vプロセスは、粘結剤を含まない乾燥けい砂で鋳型を造るため、生砂型とは異った特別な造型を行う。

Vプロセスの造型法を図解で説明すると、次の通りとなる。

4-1 模 型

吸引ボックスの上に模型を取り付ける。模型には吸引ボックスへ通じる多数の吸着用小孔があけられている。

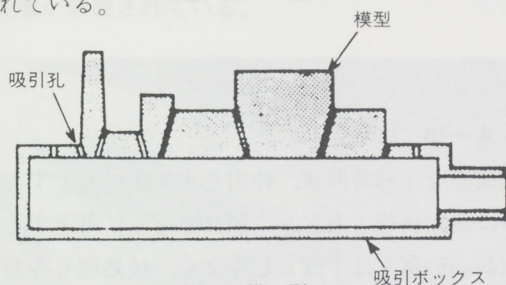


図1 模 型

4-2 フィルム

伸び率が大きく、かつ塑性変形率の高いプラスチックの薄いフィルムを、ヒーターにより加熱軟化させる。

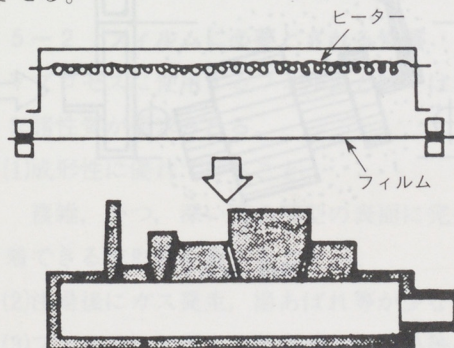


図2 フィルム加熱

4-3 フィルム成形

加熱軟化したフィルムを、模型表面に置き、吸引ボックスを減圧にすると、フィルムは模型面に吸着される。

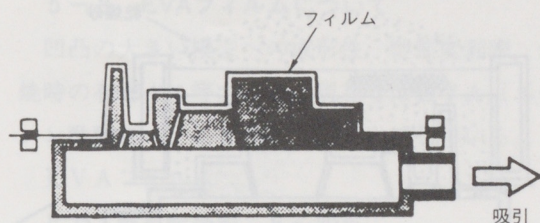


図3 フィルム成形

4-4 塗 型

鋳物肌をさらに良くするため、フィルム表面に塗型を吹き付ける。

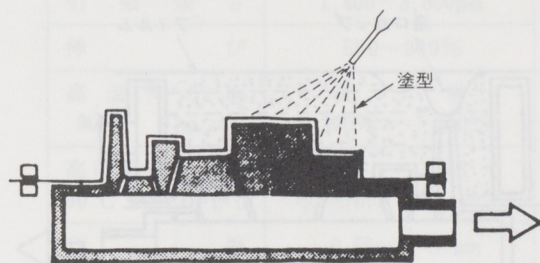


図4 塗 型

4-5 金 枠

フィルムを吸着した模型に、フィルタパイプを内部に備えた枠をセットする。

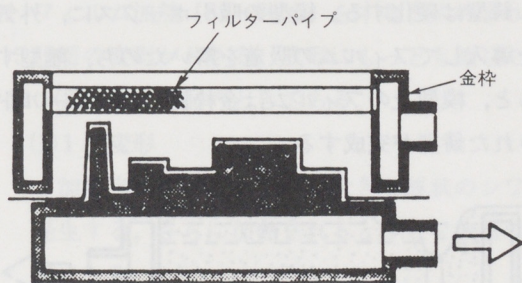


図5 金 枠

4-6 砂入れ

充填効果が上がるよう粒度調整された乾燥砂を微振動を加えながら充填する。

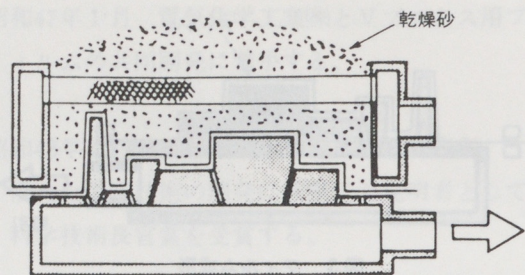


図6 砂入れ

4-7 上面フィルム張り

湯口カップを成形し、砂面をならして、上面をフィルムで覆う。

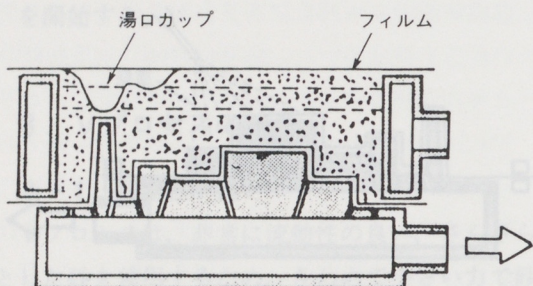


図7 上面フィルム張り

4-8 鑄型完成

枠内をフィルタパイプを通して減圧にすると、上面を覆ったフィルムを介して、外圧が砂に作用し鑄型は硬化する。模型の吸引ボックスに、外気を導入してフィルムの吸着を解いたのち、離型すると、模型上のフィルムは金枠側に移りシールドされた鑄型が完成する。

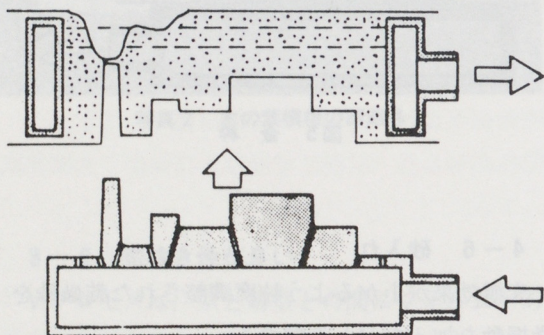


図8 鑄型完成

4-9 注湯

上記の工程で造られた上型および下型を、枠合せて減圧状態で注湯する。

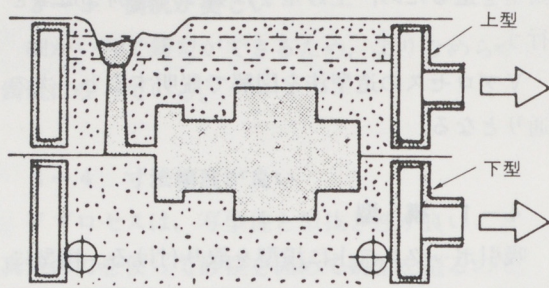


図9 注湯

4-10 ばらし

適当な冷却時間後、枠内を大気圧にもどすと、砂は流動状態にもどり、製品とともに落下する。製品の砂落ちはすばらしくよく、後処理も容易である。

砂は冷却して、そのまま再使用する。

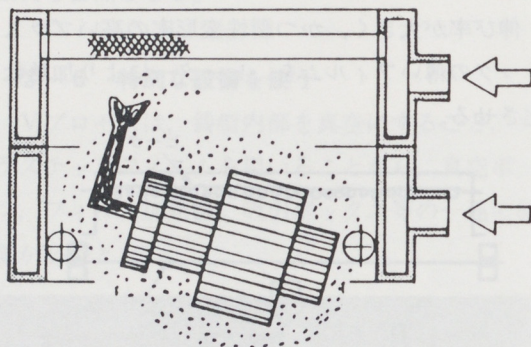


図10 ばらし

5. Vプロセス用プラスチックフィルム

5-1 フィルムの高温における挙動

プラスチックフィルムを用いて鋳型上部を覆い、鋳型内部を吸引しないで1000°Cの鋼塊をフィルム上に置いた場合、フィルムが瞬間的に燃えて一部燃焼残渣である炭素が残るだけで、鋼塊下の砂は特に変化はみられない。

鋳型内を真空度-300mmHgに保って鋼塊を置いた場合、瞬間的に白煙がわずか発生するだけである。鋼塊を除去するとその下に比較的強固なシェル状の層が形成されている。



写真4 シェル層とフィルム

5-2 フィルムに必要とされる性質

Vプロセスに使用するフィルムとしては次のような諸性質が要求される。

- (1)成形性に優れていること。
- 複雑、かつ、深い溝の模型の表面に完全に密着できる成形性を有すること。
- (2)注湯後にガス発生、湯あばれ等が少ないこと。
- (3)フィルムに起因する焼き着き、鋳巣等の鋳造欠陥がないこと。
- (4)機械設備を腐食させるようなガス発生がないこと。
- (5)残留フィルムの処理が簡単で、かつ、公害に連がらないこと。
- (6)安価で入手が容易なこと。

5-3 EVAフィルムについて

凹凸の大きい模型への成形性、塑性変形率、燃焼時の有害ガス等の点から現在ではEVA（エチレン酢酸ビニール共重合）が最も適している。

EVAフィルム

EVA酢ビ配合率 5～20%

EVAシート厚み

50μ 鋳肌の細かい板物用

75μ 一般小物部品用

100μ 深絞り率の大きい鋳物用

比 重	0.93～0.95	
引 張 強 さ	1,400～3,800psi	
伸 び	650～900%	
高 温 伸 び 率 90°C 9 kg/cm ²	縦 200%	横 300%
高温塑性変形率 90°C 500%伸び後	縦 60～70%	横 70～90%
比 熱	0.55cal/°C/gm	

表1 E.V.A フィルムの性質

5-4 フィルム加熱

熱可塑性フィルムであるため、フィルム成形には加熱機を必要とする。

フィルム加熱（85～90°C）をすると次のような3段階の変形がおきる。成形にもっとも適した状態は(2)の2次変形のときである。

(1) 1次変形

加熱当初フィルム表面に大きな波状のシワが発生する。さらに加熱されると小さな波状のシワになる。

(2) 2次変形（フィルム成形適性時）

小波が消えて鏡面になり、非常に光沢が出てくる。

(3) 3次変形

さらに加熱していくと穴があき、成形不可能となる。

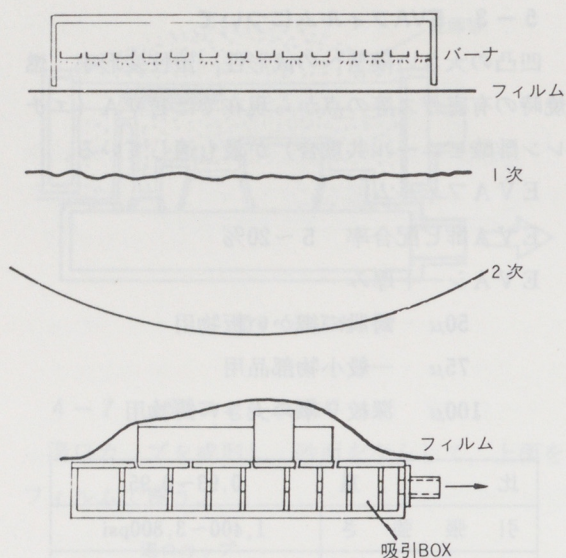


図11 フィルムの塑性変形

5-5 フィルムの吸着方法

(1) 吸引しながら、フィルムを被覆する方法

フィルムの加熱温度を低下させずすばやく吸着できるので最適である。形状の複雑な模型に適する。

(2) フィルム被覆後吸引する方法

形状の簡単な模型の場合は、この方法でもよい。

いずれの場合も、85～90℃に加熱されたフィルムを降温させることなく、すばやく吸着することが必要である。

模型の全表面積が吸着前のフィルム面積の200%までは、工夫により十分吸着可能である。

6. 模型

Vプロセスの模型は、フィルムを模型に吸着するための吸引孔が必要であり、さらに模型定盤の下に吸引ボックスを取り付ける。

模型は従来の砂型の場合と異なり、鋳物砂に直接触れないため、特に耐摩耗性は必要としない。

6-1 模型材料

模型材料としては、次のようなものを使用できる。

- (1) 木材 一般的模型材である。乾燥度を上げること。
- (2) 金属材料 繰返し使用による温度上昇は、フィルムの粘着に注意。
- (3) 樹脂 多量生産用として安価で最適。
- (4) 発泡材 高密度 (30g_{rm}/ℓ 以上) のものを選ぶこと。
- (5) 石膏 木型との併用、試作用としてよい。
- (6) 粘土 1回限りとし、次回はその製品を模型にしてもよい。
- (7) その他 植物、その他現物でもよい。

6-2 模型の製作方法

砂型鋳造法の模型と特に差がないが、次の事項に注意する。

(1) 塗装

表面平滑度を向上するため塗装するとよい。ただし、シリコン塗装等の耐熱塗装にしないとフィルム離型時に、鋳型表面を荒らす。

(2) 吸引孔

吸引孔の直径が大きすぎるとフィルム破損の原因となる。0.5～1.0mm径のピアノ線で100～200mmのピッチで孔あけする。

(3) 抜け勾配

特に必要としないが、つけるなら0～1/1000程度でよい。

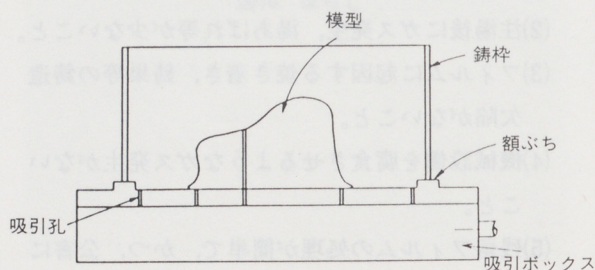


図12 模型と吸引ボックス

6-3 吸引ボックス

吸引ボックスは、フィルム吸着時に定盤を含めて大気圧（ $0.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）を受けるため、それに耐えられる強度を必要とする。

材料は、鋼板、木材、ベニヤ板でよい。

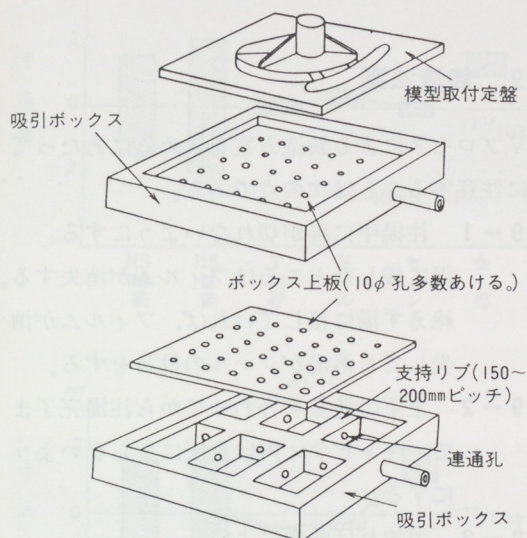


図13 吸引ボックスの構造

7. 真空装置

Vプロセスで要求される真空特性は、真空度-300～400mmHg程度で、排気速度の大きいことが必要である。

しかし、造型中の空気洩れ、鑄込中または、鑄込み後の空気流量等によって、真空度、流量が低下もしくは変化するので、これらの真空特性を考慮して、真空ポンプのタイプ、能力を決定しなければならない。

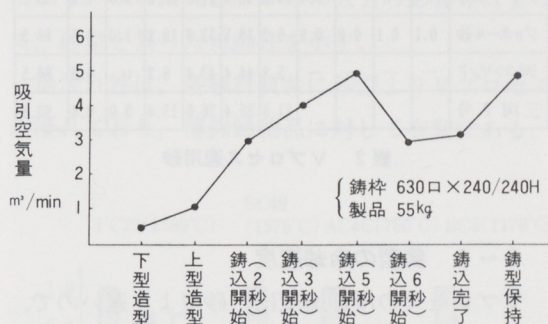


図14 吸引空気量の変化

吸引空気量の目安は、次の通りである。

造型時 3～4 m³/分/鑄枠体積m³

鑄込時 9～11 m³/分/鑄枠体積m³

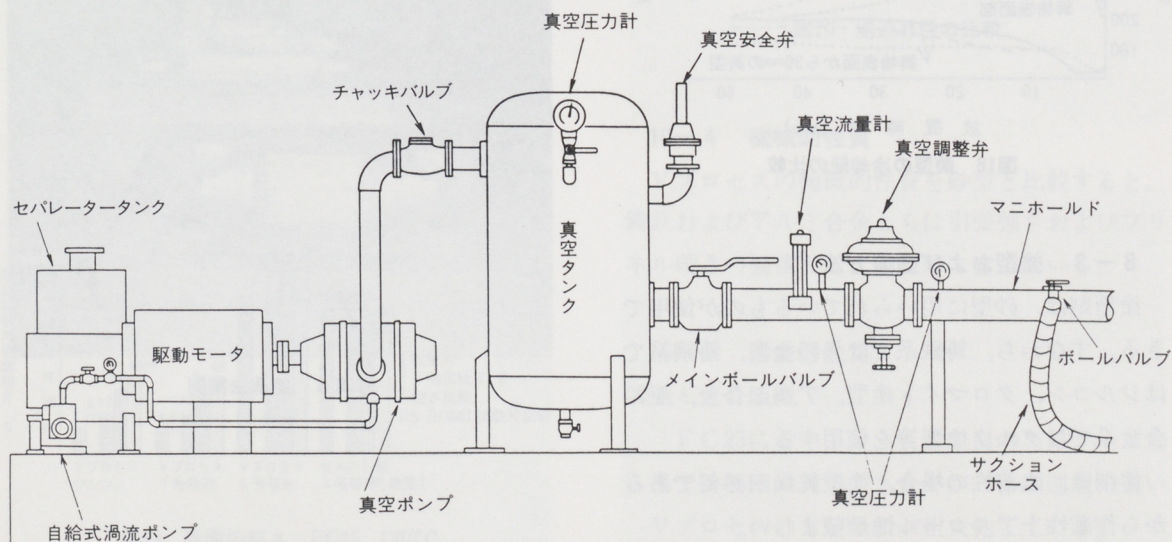


図15 真空装置

8. 鋳型材料

8-1 鋳物砂

Vプロセスは、粘土やレジンの粘結剤を含まない乾燥砂を用い、また鋳型中の発生ガスを吸引排出するので、従来の砂型より細粒砂を用いる。

MESH	20	28	35	48	70	100	150	200	270	Pan	AFSNa
砂名	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
フラタリサンド	—	—	1.5	11.2	34.0	40.0	11.2	1.0	—	—	63
三子山硅砂	0.2	2.9	14.4	25.5	35.4	14.8	5.1	1.5	0.2	tr	50.9
三栄7号	—	—	—	0.1	25.6	36.6	24.4	11.1	1.4	0.1	82.1
ダイヤ7号	—	—	—	2.4	13.6	22.4	27.6	27.8	5.0	1.2	103
ジョホール砂	0.1	0.1	0.2	0.9	6.2	18.5	52.8	19.2	1.0	0.5	98.3
シルコンサンド	—	—	—	—	5.8	44.4	43.4	6.2	tr	0.2	86.5
三河7号	—	—	—	—	11.8	35.4	36.0	13.4	3.0	0.4	92.6

表2 Vプロセス適用砂

8-2 鋳型の冷却速度

Vプロセスの冷却速度は、砂型より遅いので、鋳込後のばらし時間は、この性質を把握して決めることが望ましい。

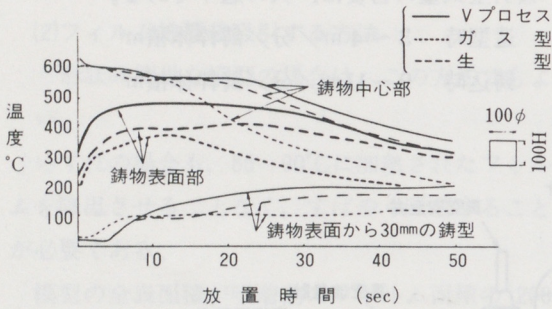


図16 鋳型の冷却能の比較

8-3 塗型および塗型方法

塗型剤は、砂型に用いられているものが使用できる。すなわち、鋳鉄系では黒鉛塗型、鋳鋼系ではジルコン、クロマイト塗型、アルミ合金、亜鉛合金系ではタルク塗型等を使用する。

溶剤は、水溶性の場合、塗型乾燥が必要であるから作業性上アルコール性が望ましい。

塗型は模型の形状にそって全体にムラなく吹き

付ける。塗型が不十分であると、製品に肌荒れや焼き着きをおこしやすい。

8-4 砂の再利用

回収された砂は50℃以下にしないと、造型時にフィルムが模型に溶着して離型性をそこなう。

9. 鋳造法案

Vプロセスによる鋳造方案を決めるにあたって特に注意することは次の点である。

9-1 注湯中に湯が切れないようにする。

湯に接したところはフィルムが消失する。絶えず湯に接していれば、フィルムが消失しても溶湯がシールの役目をする。

9-2 上下の鋳型を合わせてから注湯完了まで、キャビティ内は負圧にならないようにする。

9-3 湯流れは非常によい。

9-4 注湯は早く静かに行なう。

9-5 鋳型の上面に湯をこぼさないようにする。

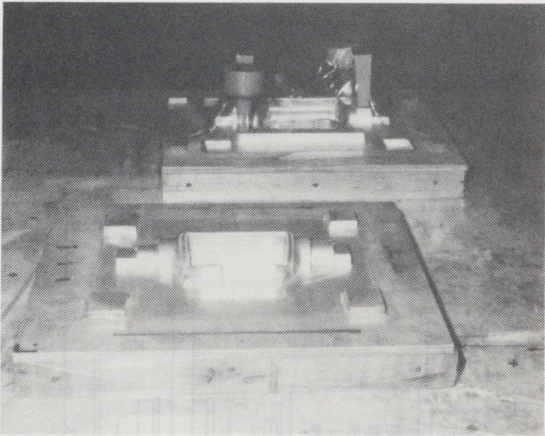


写真5 鋳造法案例

10. 鑄造材質

10-1 寸法精度

Vプロセスは、鑄鉄系およびアルミ合金では、自硬性鑄型と同程度の寸法精度を示している。

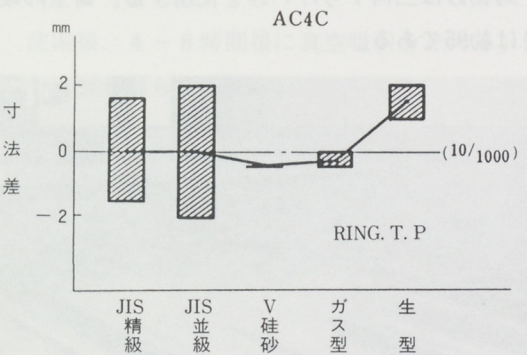
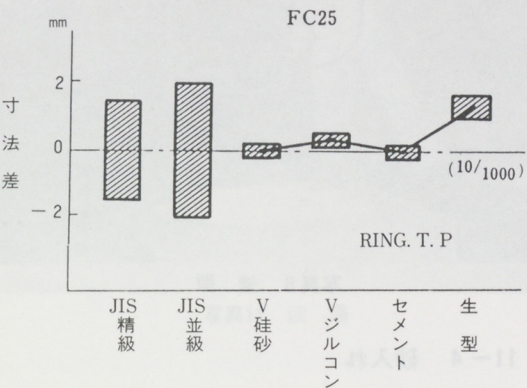


図17 寸法精度

10-2 表面の粗さ

鑄鉄、アルミ合金での各種鑄型の表面粗さの違いを比べると、Vプロセスの細粒砂の場合が優れている。

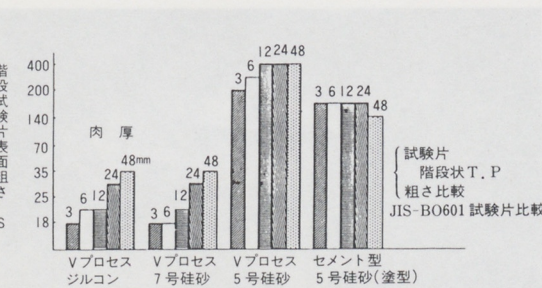


図18 表面の粗さ FC25 1370°C

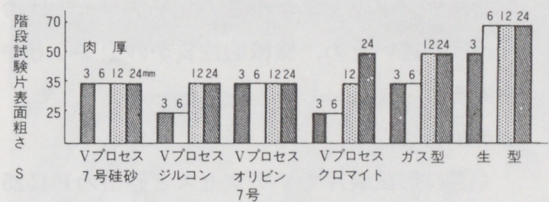


図19 表面の粗さ AC4C 760°C

10-3 湯流れ性

Vプロセスは、プラスチックフィルムの摩擦抵抗が砂型と比べて小さいこと、あるいは、鑄込中にフィルムの消失部分からの吸引の影響等によって、砂型と異った流動性を示す。

湯流れ性は、各種材質共に砂型よりVプロセスが優れており、薄肉鑄物品に対して有利である。

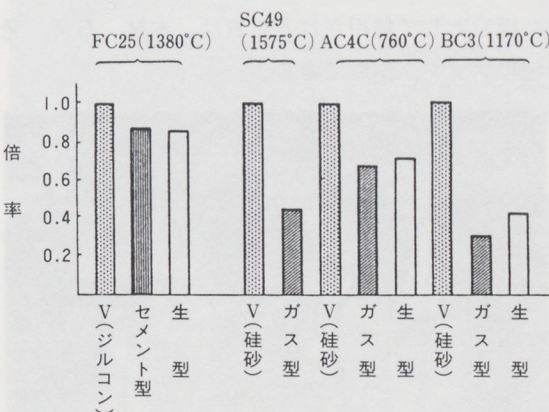


図20 湯流れ性の比較

10-4 機械的性質

Vプロセスの機械的性質を砂型と比較すると、鑄鉄およびアルミ合金ともに引張強さおよびブリネル硬さの強度面で、わずかに劣っている。

10-5 冶金的性質

(1)ミクロ組織

FC25においては、ASTMの黒鉛サイズ基準では明確に表示できないが、冷却速度の遅いVプロセスの方が黒鉛が粗大化している。

AC4Cの場合、Vプロセス、生型、ガス型

の順にデンドライドが小さく、Vプロセスは冷却速度が遅いため、機械的性質が砂型よりもやや劣る。

(2)チル特性

くさび形試験片でVプロセスと砂型のFC25の場合でのチル特性を比較すると、Vプロセスの方がチル巾が狭い。冷却速度が遅いことを示している。

11. 磐田第3工場での casting 例

Vプロセスによって、重量200～1500kgのプレス用ZAS型を製造している。

11-1 模型

模型として使用される材質は、木材、石膏、発泡ウレタン、樹脂である。



写真6 模型

11-2 フィルム成形

フィルム厚75 μ 、100 μ のVシートを使用し、プロパンガスで加熱する。



写真7 フィルム加熱

11-3 塗型

塗型剤は骨材にタルク、溶剤にジルコメルトを使用する。濃度はボーメ計で20～30である。

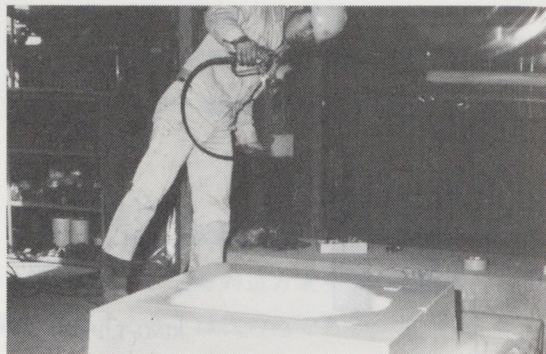


写真8 塗型

11-4 砂入れ

鑄物砂は三河7号けい砂を使用する。鑄型の硬さは約95である。

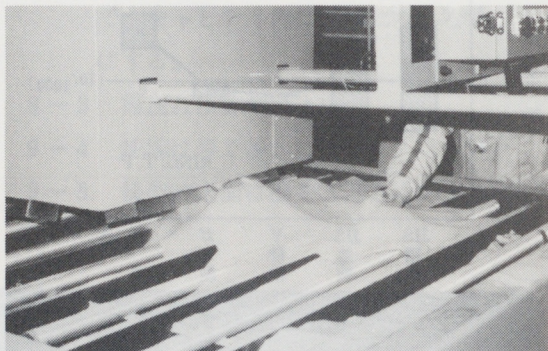


写真9 砂入れ

11-5 鑄型

プレス用ZAS型（型用亜鉛合金）の場合、上型がなく、下型のみでオープン鑄造となる。

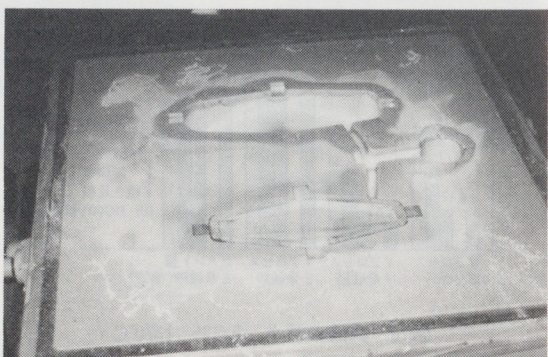


写真10 鑄型

11-6 注 湯

ZAS合金の溶解温度は約450°C, 注湯温度は約410°Cである。

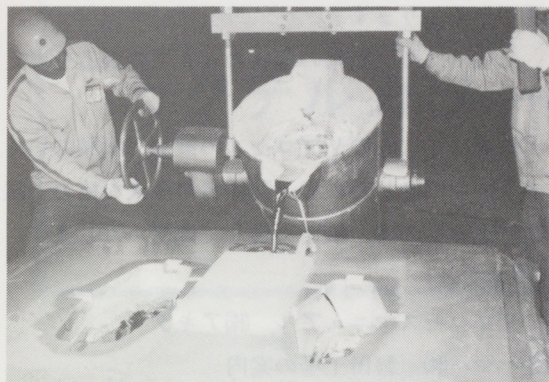


写真11 注 湯

11-7 ばらし

注湯後, 4~8時間後に真空吸引を止める。ばらしは翌日ばらしになる。

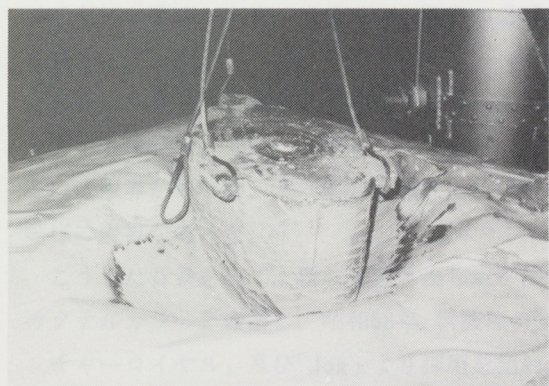


写真12 ばらし

11-8 鑄造品

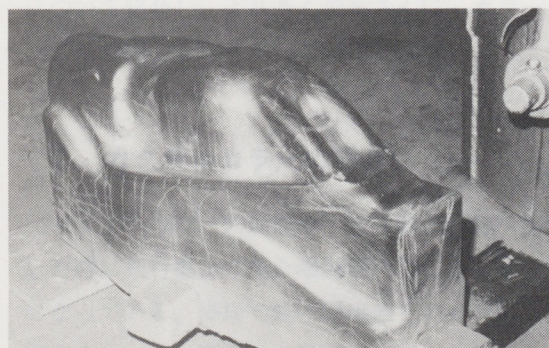


写真13 ZASポンチ



写真14 AC4B 製品

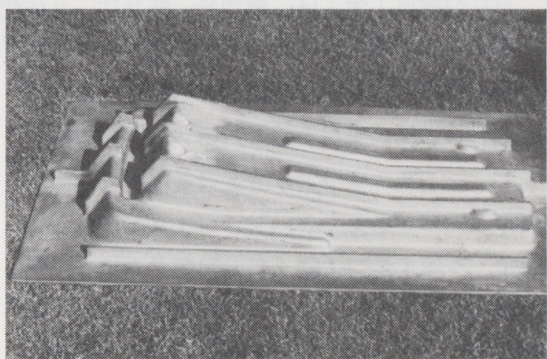


写真15 AC7A 蒸気型

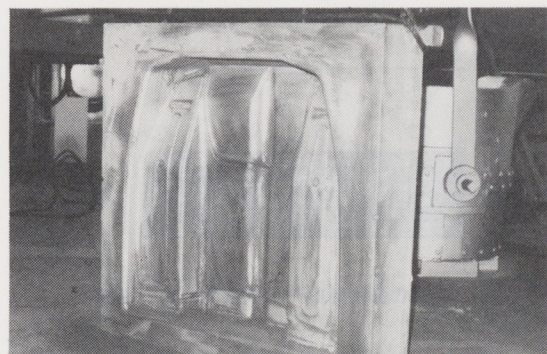


写真16 ZAS ダイ型

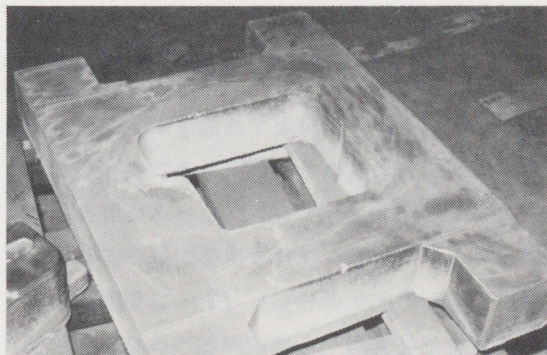


写真17 ZAS ホルダー

13. おわりに

Vプロセスの特長、製造プロセスの概要について一般的な知識を説明してきました。Vプロセスは、一般的にはエクステリアの門扉、フェンス、あるいはピアノフレーム等の大型薄物装飾用に用いられています。

鋳物肌が美しい、転写性がよい、湯流れ性がよいことからみれば、自然の流れとなります。

当社の鋳造工場では、鋳物肌、転写性、寸法精度のよさを利用して、主にプレス用ZAS型をVプロセスで製造しております。

ZAS金型の製造では、塗型、フィルム成形およびZAS合金鋳造等の技術ノウハウが蓄積され25S～35Sの表面肌を得て、プレス型として十分通用しております。

今後は、蒸気型用の薄物のA ℓ 型の製造を考えています。

最後にこれらのVプロセスの製造が順調にいくようになりましたのも、関係者の多大な協力と援助によるもので、紙面を借りて感謝いたします。

【参考文献】

- (1)Vプロセスマニュアル (株)アキタ
- (2)ヤマハ(株) 磐田工場の案内