



キャビティ内ガス圧管理による ダイカスト品質の安定化

東芝機械株式会社

岩本 典裕

木下 洋一

児玉 忍

The Stable Die Cast Product Quality Production System by Controlling the Gas Pressure in a Die Cavity

TOSHIBA MACHINE CO., LTD.
TOKYO, JAPAN

Norihiro Iwamoto
Youichi Kinoshita
Shinobu Kodama

Abstract:

Stable production of quality die castings needs a control of various parameters. The injection speed and pressure are critical for quality and can be controlled almost perfectly by the use of computer, but still the quality is not satisfactory. The reason is the large variation of gas pressure in die cavities. Reporting a reliable method of monitoring the gas pressure which we have developed and verified on vacuum and ordinary die casting.

1. はじめに

ダイカスト製品の品質の約8割は、溶湯が金型に充填を開始してから昇圧が完了するまでのわずか0.2秒以内で決定されると言われている。この間、ダイカストマシンの射出は高速速度で溶湯をキャビティ内に充填させ、完了と同時に昇圧、保圧を行なう。一方金型においてはキャビティ内に存在するガスが溶湯によって押し出され、指向性凝固により溶湯が金型外に出るのを防ぎ内部加圧される。

ダイカスト製品の内部欠陥は大半がガスの巻き込み巣と凝固に伴う引け巣である。引け巣は冷却過程にて発生するもので発生個所が固定化され、型方案や局部加圧ピン制御で解決できる可能性も大きい。ガスの巻き込みは真空ダイカストも含め突発的の不良や発生個所が一定でないことなどで品質管理上難しいものである。

一般的にダイカストマシンの射出速度と圧力はダイカスト製品の品質への影響が非常に大きいと言われているが、最近ではコンピュータ制御化と油圧制御の高度化により射出速度と圧力はほぼ完璧な再現性、安定性を実現できるようになってきた。しかし、それでも製品の品質安定性においては満足できるものではない。

こうした背景の中、キャビティ内ガス圧のバラツキが内部欠陥の最大要因であるガスの巻き込みに対して、非常に大きな影響を及ぼすことが判ってきた。

そこで本テーマでは、このキャビティ内ガス圧に着目し、キャビティ内ガス圧を安定かつ正確に計測制御できるシステムを開発したので実用例も含めて紹介する。

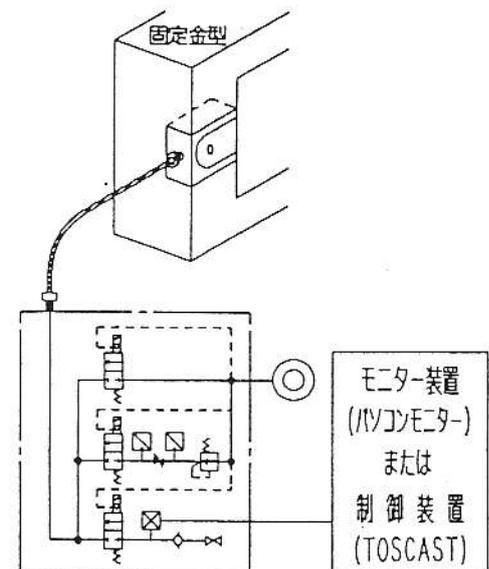


図1 システム

2. システムの概要

本システムはキャビティ内ガス圧を毎ショット計測することによって、溶湯に巻込まれるガス量を監視しようとするもので、以下の様な普通ダイカスト法や真空ダイカスト法への適用ができ、データ管理および制御を行うことが可能である。

ガス コントロール システム II (通称:ガスコンII)

ガスコン普通ダイカスト法 (DGP-C)

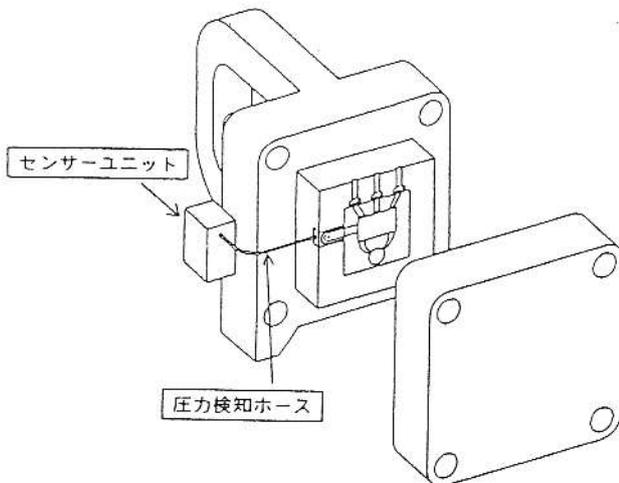


図 2

射出時、キャビティ内のガスは溶湯が充填されることにより圧縮されエアイベントから噴出する。このエアイベントが常に健全でないとガス圧が上昇し、ガスが製品内に巻込まれブローホールとなったり、湯回り不良となる。

従来、エアイベントから噴出されるガス(ノロシ)の流量を目視または計測して管理を行っていた。しかし、ガスの流量はいわば結果であり、その原因であるガス圧を計測することが望ましい。また、キャビティ内ガス圧はパスカルの原理からどの位置で計測しても同じデータが得られるという利点もある。

本システムは、キャビティ内のガス圧を金型のパーティング面に取り付けた圧力検知ブロックから毎ショット検出し、設定範囲から外れた時警報を出す装置である。

計測されるガス圧は射出速度波形と同期性があり、本システムではこのデータをモニター装置や制御装置(TOSCAST)に取り込んで定量管理を行い、各ショットと良品条件との比較を行おうとするものである。

ガスコン真空ダイカスト法 (DGP-V)

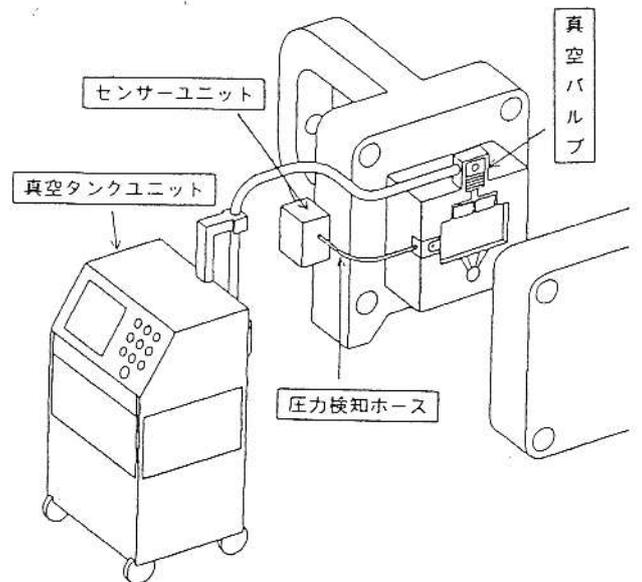


図 3

真空ダイカスト法は溶湯をキャビティに高速で充填する際、キャビティ内のガスを巻込むブローホールや湯回り不良を未然に防止するためにキャビティ内のガスをあらかじめ減圧する方法である。

本システムは、キャビティ内真空度を金型の圧力検知ポートより毎ショット検出するもので、減圧状態の波形が計測できることにより、金型の気密性や最適真空開始位置、ショット時の真空度を管理することができ、あらゆる真空ダイカスト方案にも適用することが可能である。

本システムは、真空ダイカスト法における各ショットのキャビティ内真空度を計測しモニターすることによって品質管理を行い、計測データを制御装置(TOSCAST)に取り込むことにより常に目標真空度になるよう真空開始位置を補正制御させることが可能である。

特に、真空開始位置は在来の真空ダイカストにおいては経験による固定値であったが、目標真空度を達成する最短時間に自動設定させることにより、真空先引きによる不具合も解消される。

3. ガスコントロールシステムIIの開発経過

弊社では内部欠陥を防止する方法を要素技術のテーマとして長年開発に取り組んできている。日本ダイカスト会議においては、下記の発表を行ってきた。

- 1) 『ガスコントロールシステムの開発と実用例』
- 2) 『局部加圧コントロールシステムの開発と実用例』
 - 1) - ' 92年 2) - ' 94年

一方において、ダイカスト製品の要求品質の高度化は不良率の低減からPLS法にも関連した製品ギャランティとますます進んできている。

そこで、従来からの品質管理項目である射出速度、圧力だけでなく、金型からの情報を取り込み、モニターおよび制御する必要がある。

表1 真空ダイカストの分類

真空法の名称	方 案	欠 点
チルベント法 (マッシュベント) (洗濯板方式)	波状の冷却されたプレートを利用し、その途中で溶湯が凝固し、吸引孔前でアルミが止まる。(ノンメカ方式)	波状部に離型剤が堆積したりバリが残ったりして、ガス抜け性が安定しない。
射出LS法	射出ストロークの信号でバルブを開閉する。	真空吸引終了時期が早いと減圧度が悪化する。 真空吸引終了時期が遅れると溶湯がバルブに詰まる。
メタルシャット法	高速射出された溶湯の圧力や慣性力でバルブのピストンを動かし、バルブを直接ないし間接的に閉じる。	噴霧状の溶湯ではバルブを安定してシャットすることが出来ないので、真空ゲートを狭くし、ランナーを長くする必要がある。
湯先検知法	ランナーの途中でメタル検知センサーを設けセンサの信号によりバルブを閉じる。	2次充填速度(キャビティ充填完了してから真空ランナーを充填する速度)を抑えないと溶湯がバルブに詰まる。

真空ダイカスト法は真空シャットバルブに溶湯を詰まらせない方案としてバルブを閉めるための工夫や改良がなされてきた(表1)。

日本のダイカストの歴史をかえり見た時、真空ダイカスト法は10~15年に一度ブームが来ては去る現象が繰り返されている。その原因としては、真空ダイカスト法は合理的な反面それに伴う欠点があることだと思われる。

そして、その真因は真空ダイカスト法と称してはいても、キャビティ内の真空度を検出し管理していなかったことにあると思われる。

真空铸造の問題点として、真空による溶湯先引き現象がある(図4)。この現象は、真空開始のタイミングが早すぎたり、真空度が高すぎたりすると発生する。

従来法ではこのタイミングや真空度設定値は経験値であった。

真空バルブの問題点としては、ダイカスト铸造法はハイサイクル、安定生産が絶対条件となるため、真空バルブに溶湯が飛び込むといったトラブルがないよう、金型方案や真空バルブ方案を試行錯誤で改造を行っている。

図5はチルベント法でのキャビティ内真空度を計測した例であるが、見かけ上真空を行ってはいれるがキャビティ内は減圧されていないことが判る。

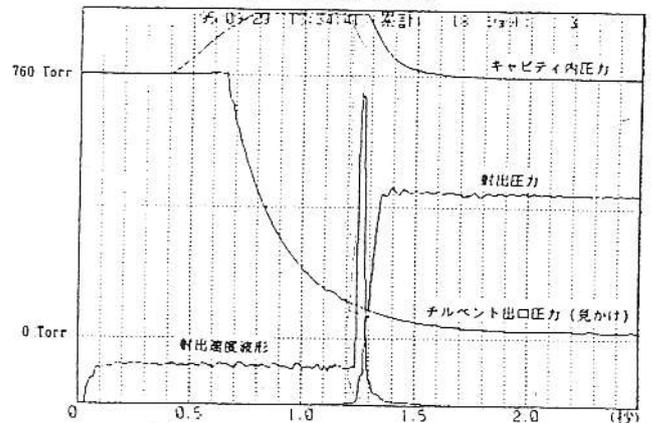


図5 真空铸造結果 (NG例)

真空ダイカスト法においては、

- ①真空バルブの開閉位置は両方とも出来る限り遅らせること
- ②真空ランナーは出来るだけ短く、製品歩留まりを良くさせること

が必要である。

特に①の真空バルブを安定化させることを優先しすぎて、②の真空ランナー容積を大きくさせることにより、昇圧時間が遅れ(金型タイムラグ)、その結果鑄巣を生じさせているといった、本末転倒のケースもある。

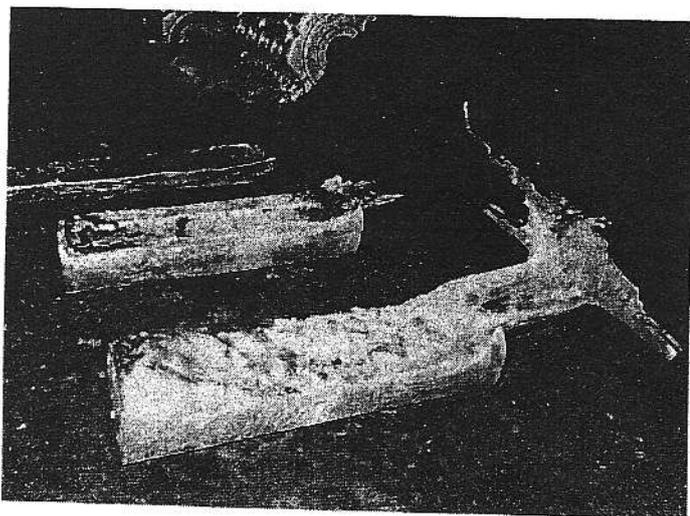


図4 溶湯の先引き現象

4. ガスコントロールシステムIIの説明

キャビティ内圧力を高精度で安定検知させるためには、

- ①検知ポートが常に健全であること
- ②検知されたキャビティ内の圧力データが正確で遅れ時間、圧力損失がほとんどないこと

が要求される。

本システムは検知ポートが常に健全な状態で圧力検知するために、エアージェット、検出ポート詰まりチェック、センサによる検知の3通りの回路を備えている。

1) エアージェット (図6 a部)

エアージェットはエア源からダイレクトに検出ポートへエアを送り、検出ポートの清掃を行う。

2) 検出ポート詰まりチェック (図6 b部)

検出ポート詰まりチェックは、絞り弁で制御されたエアを検出ポートへ送り、絞り弁アウト側の圧力をチェックすることにより、ポートが正常かどうか判断する。

実際にこのチェックを行うタイミングはマシン本体は型締、注湯口は開いている状態なので、検出ポートへエアを送り込んでもキャビティを通して注湯口から逃げるため、絞り弁アウト側の圧力は上がらない。そして、圧力が設定値以上になったときポート異常となり、アラーム出力する。

3) 圧力検知 (図6 c部)

圧力検知は、キャビティ内ガス圧を専用のセンサで計測する。

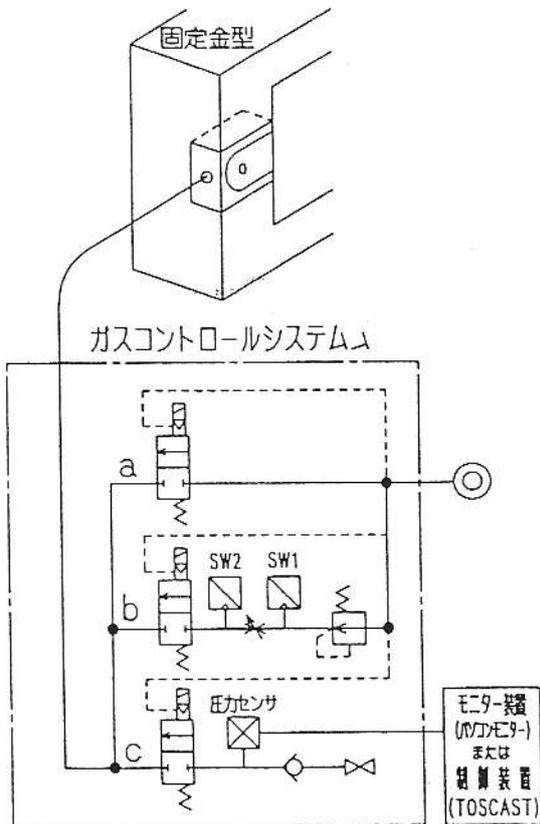


図6 ガスコントロールシステムII

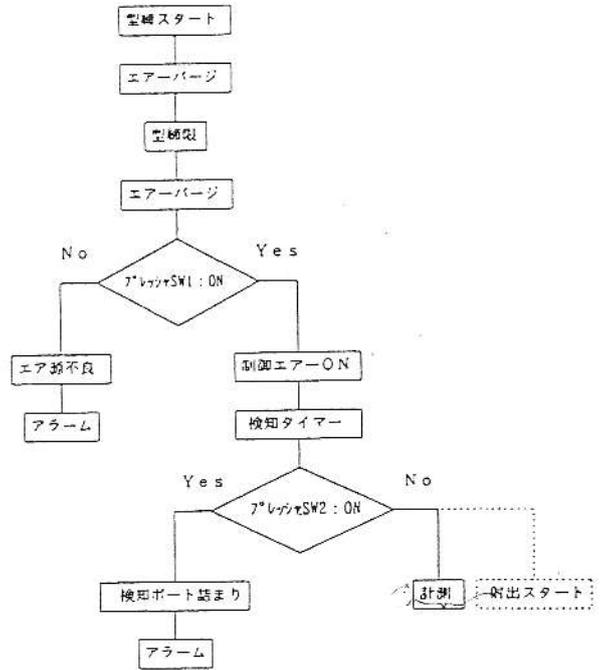


図7 フローチャート

5. ガスコントロールシステムIIの原理

ダイカスト鑄造におけるキャビティ内ガス流体の流れは、図8に示すオリフィスを通る粘性流と考えられる。この場合の空気の流れの式を①、②、③に示す。

$$Q = 11.1 \times S \times (P_1 + 1.033) \quad \text{.....①}$$

$$Q = 22.2 \times S \times \sqrt{(P_1 - P_2) \times (P_2 + 1.033)} \quad \text{.....②}$$

$$P_1 + 1.033 \geq 1.893 \times (P_2 + 1.033) \quad \text{.....③}$$

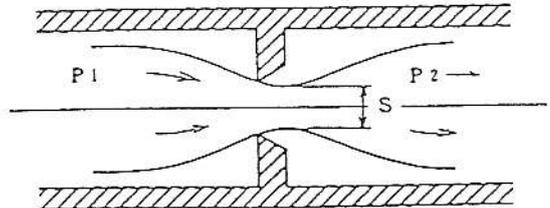


図8 オリフィスを通る流れ

①式は音速流れの式で②式は音速以下の流れを示す。①、②式から判るように、充填先、放出先の圧力によって、容積および流量は大きく変化する。

ここで、キャビティ内圧力とセンサ検知部の圧力変動は充填の式④、放出の式⑤から求められる。

$$P = \frac{V \times (P_3 + 1.033) + dQ \times (P_0 + 1.033)}{V} - 1.033 \quad \text{.....④}$$

$$P = \frac{V \times (P_3 + 1.033) - dQ \times (P_0 + 1.033)}{V} - 1.033 \quad \text{.....⑤}$$

- Q : 流量
- S : 有効断面面積
- P0 : 初期圧力
- V : タンクの容量
- P1 : 上流側の圧力
- P2 : 下流側の圧力
- P3 : 変動圧力

6. ガスコントロールシステムIIの評価実験および結果

図9のような実験装置を製作し、普通ダイカスト法および真空ダイカスト法モデルにおけるA, B部の圧力変動を弊社製パソコンモニター装置により計測する。

また、各モデル(図10・図14)におけるA, B部の圧力変動を5項で示した数式を用いてシミュレーションを行う。そして、普通ダイカスト法、真空ダイカスト法において実鑄造テストによる検証を行う。

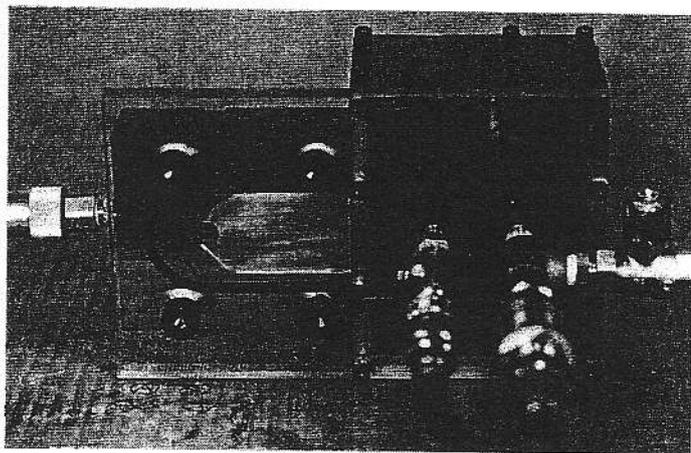


図9 実験装置

6.1 普通ダイカスト法

キャビティ内圧力と外部取付センサの検知圧力で誤差が生じないことを確認するために、図10のモデルにおいてシミュレーションを行った。

A, B部における圧力変化のシミュレーション結果を図11、実験装置にて計測した結果を図12に示す。

図12には計測部Bにおける良い例(B1)と悪い例(B2)を示す。

シミュレーション結果を見ると、波形の立ち上がりとA, Bにおける圧力の応答遅れのための圧力差は図12のB2に傾向が似ていることが判る。

この圧力差は、Bにおける検出手段による影響で、計測しても誤差が大きく、満足できるデータではない。

そこで、B2を改善して計測を行なった結果、A部(キャビティ)とほぼ同等の圧力を検出することが出来ることを確認した。

即ち、この計測された圧力により定量管理を行う必要性から、計測精度として少なくともA, B間の誤差を±5%以内に収める必要があると考えられる。

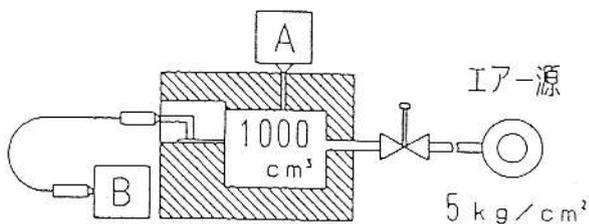


図10 シミュレーションモデル

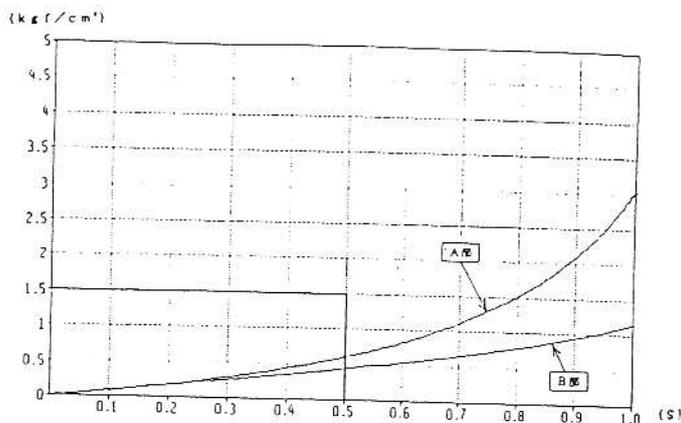


図11 シミュレーション結果

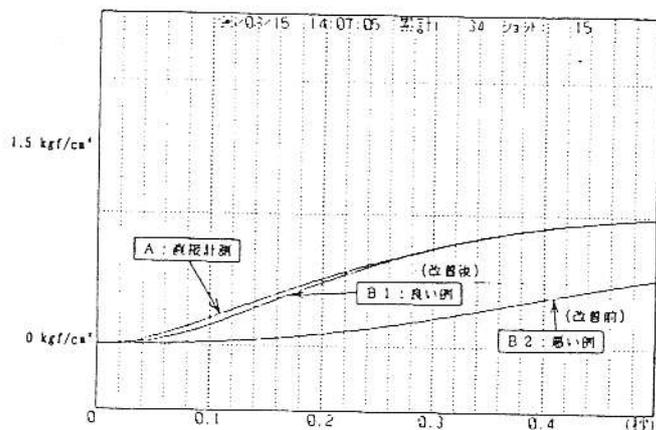


図12 実験装置計測結果

次に実鑄造結果として、生産している金型を改造し、キャビティ内ガス圧を検出した結果を図13に示す。

図13は、ガス圧が良好な波形とガス圧が異常な波形を重ね合わせたデータである。

この結果、従来からの品質管理項目である速度波形と圧力波形はほとんど変化が見られないが、ガス圧波形は大きな差となって表れている様子が判る。

この結果から、ガス抜き性の良し悪しが判断できる。

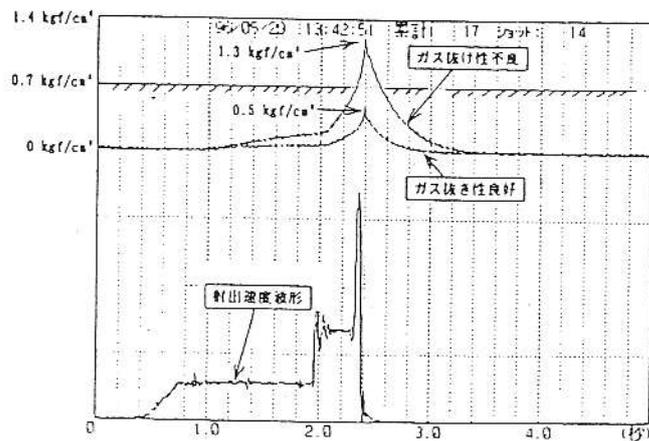


図13 実鑄造結果

6.2 真空ダイカスト法

キャビティ内圧力と外部取付センサの検知圧力で誤差が生じないことを確認するために、図14のモデルにおいてシミュレーションを行った。

A, B部における真空度変化のシミュレーション結果を図15、実験装置にて計測した結果を図16に示す。

図16には計測部Bにおける良い例(B1)と悪い例(B2)を示す。

シミュレーション結果を見ると、波形の立ち上がりとA, Bにおける圧力の応答遅れによる圧力差は、図16のB2に傾向が似ていることが判る。

この圧力差は、普通ダイカスト法と同様、Bにおける検出手段による影響であり、計測しても誤差が大きく、満足できるデータではない。

そこで、B2を改善して計測を行なった結果、A部(キャビティ)とほぼ同等の真空度を検出することが出来ることを確認した。

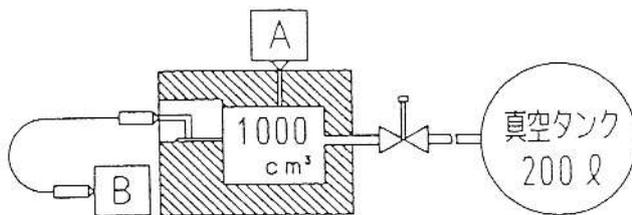


図14 シミュレーションモデル

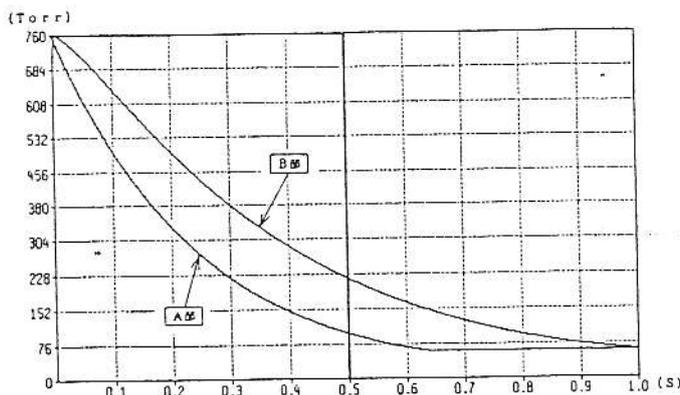


図15 シミュレーション結果

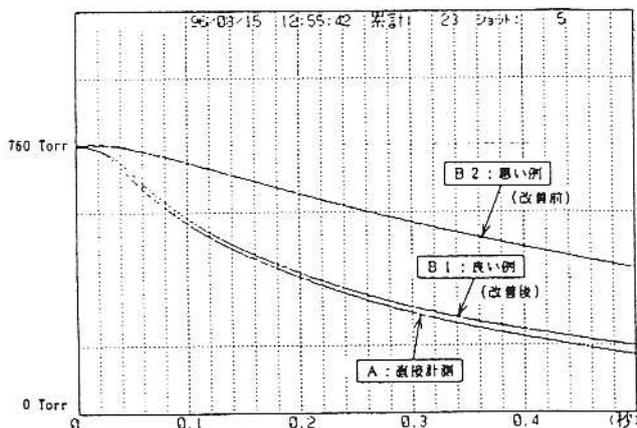


図16 実験装置計測結果

次に、連続鋳造中の良品波形を図17に示す。

本図は、在来真空ダイカスト法にてブリスト不良率35%だったものが3%以下に改善された事例である。

射出スタート開始からの真空波形の変化において、注湯口を塞いで⑦(立上)位置からキャビティ内圧力が上がる。これは、スリーブ内のガスが圧縮されることにより生じるもので、これにより金型の気密性が良いことが判る。気密性が悪いとガスが中子の隙間などを通り圧縮されずに抜け、真空中で吸引してもキャビティ内が減圧されない。この立上り特性も重要管理項目である。

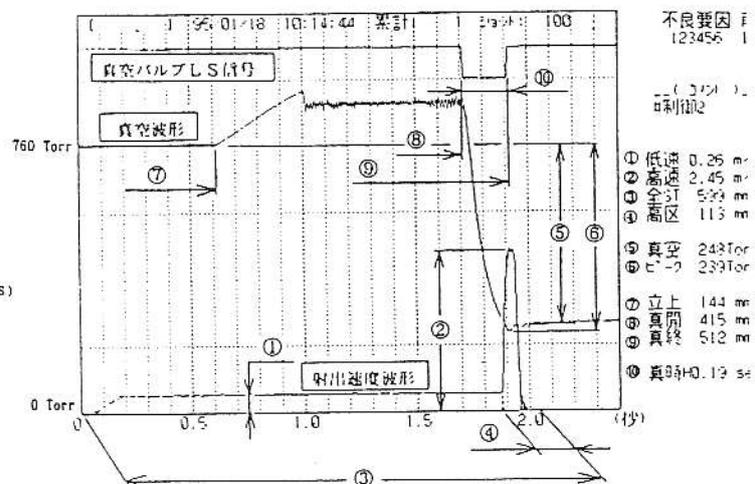
次に⑧の位置で真空バルブが開かれると同時に真空が開始され、⑥の圧力まで減圧される。

この真空開始位置は出来るだけ遅いほうが溶湯の先引き等の真空ダイカスト法による弊害を無くすことが出来る。

そして⑨の位置で真空バルブが閉じられ、⑤の真空度で射出完了する。この⑧から⑨の間の時間は⑩でわずか0.19秒であった。

真空度は239 Torrで、本製品の真空度良品範囲が240 Torr ± 20 Torrであり、⑨真空終了位置が、ショットエンド手前の最短となる射出高速域内にあることから、真空鋳造における理想的な波形といえる。

また、充填完了位置におけるキャビティ内の状態は、減圧された状態でショットエンドに達していることが判る。真空鋳造ではこの充填完了時の真空度を管理する必要がある。



- ① 低速速度
- ② 高速速度
- ③ 射出ストローク
- ④ 高速区間
- ⑤ 射出充填完了時真空度
- ⑥ ピーク真空度
- ⑦ 注湯口塞ぎ位置
- ⑧ 真空開始位置
- ⑨ 真空終了位置
- ⑩ 真空吸引時間

図17 実鋳造結果

7. 工業所有権の状況

本テーマに関連した工業所有権の国内出願は特許7件、である。海外特許は米国2件、韓国1件、台湾1件が登録済みである。

8. 結言

本研究では、普通ダイカスト法、真空ダイカスト法において高品質、安定生産を目的としたガスコントロールシステムIIを開発して実用テストを行った。

その結果、射出時のキャビティ内ガス圧を安定して計測できるということを実証することができ、計測データの信頼性についても満足できる結果が得られた。

ダイカスト生産において、良品の安定生産および突発不良の防止のためには、生産中の品質データとして、射出速度と圧力以外にキャビティ内ガス圧を計測し管理することが必要と思われる。

8.1 普通ダイカスト法

- 1) キャビティ内ガス圧を安定して検出することが可能となり、良品条件との比較管理が可能となった。
- 2) 一般的に、金型エアークレニング部からのガス排気より中子の金型合わせ部からのガス抜けの方がはるかに大きいことが判った。

8.2 真空ダイカスト法

- 1) キャビティ内真空度を高精度に検出できるようになったことで、充填完了時の真空度を品質管理データに取り込むことができる。
- 2) スリーブ充填中に金型の気密性のチェックが可能である。
- 3) 真空開始タイミング位置は今までは経験値として設定されていた。しかし、充填完了時、目標真空度に到達する吸引時間として管理することが出来るようになり、最適化制御が可能となった。

8.3 今後の課題

実ショット中のキャビティ内圧力が検出できたことにより、ダイカスト製品の重要品質管理項目が1つ追加されると思われる。この管理範囲は、金型によりまちまちである。現状では実績データによる設定となるが、最近のコンピュータシミュレーション技術の進歩には目覚ましいものがあり、断熱圧縮を考慮した流動解析技術の発展により、計算データとして設定することが可能になると思われる。

また、真空ダイカスト法で連続して良品生産している製品のキャビティ内真空度は、必ずしも高くはないことが判った。このことから、200μ以上ある在来の真空タンクをもっと小型化し、真空タンクユニットや配管長さを短くするなどの抜本的見直しも可能となるであろう。

8.4 最後に

普通ダイカスト法・真空ダイカスト法において、ショット時のキャビティ内ガス圧を計測管理することがダイカスト製品の品質重要管理項目として不可欠になることを期待する。

そのためにも金型の新設計時やブローホールの発生で悩んでいる金型の修正時には、固定型にキャビティ内圧検知ブロックを加工することを薦めたい。

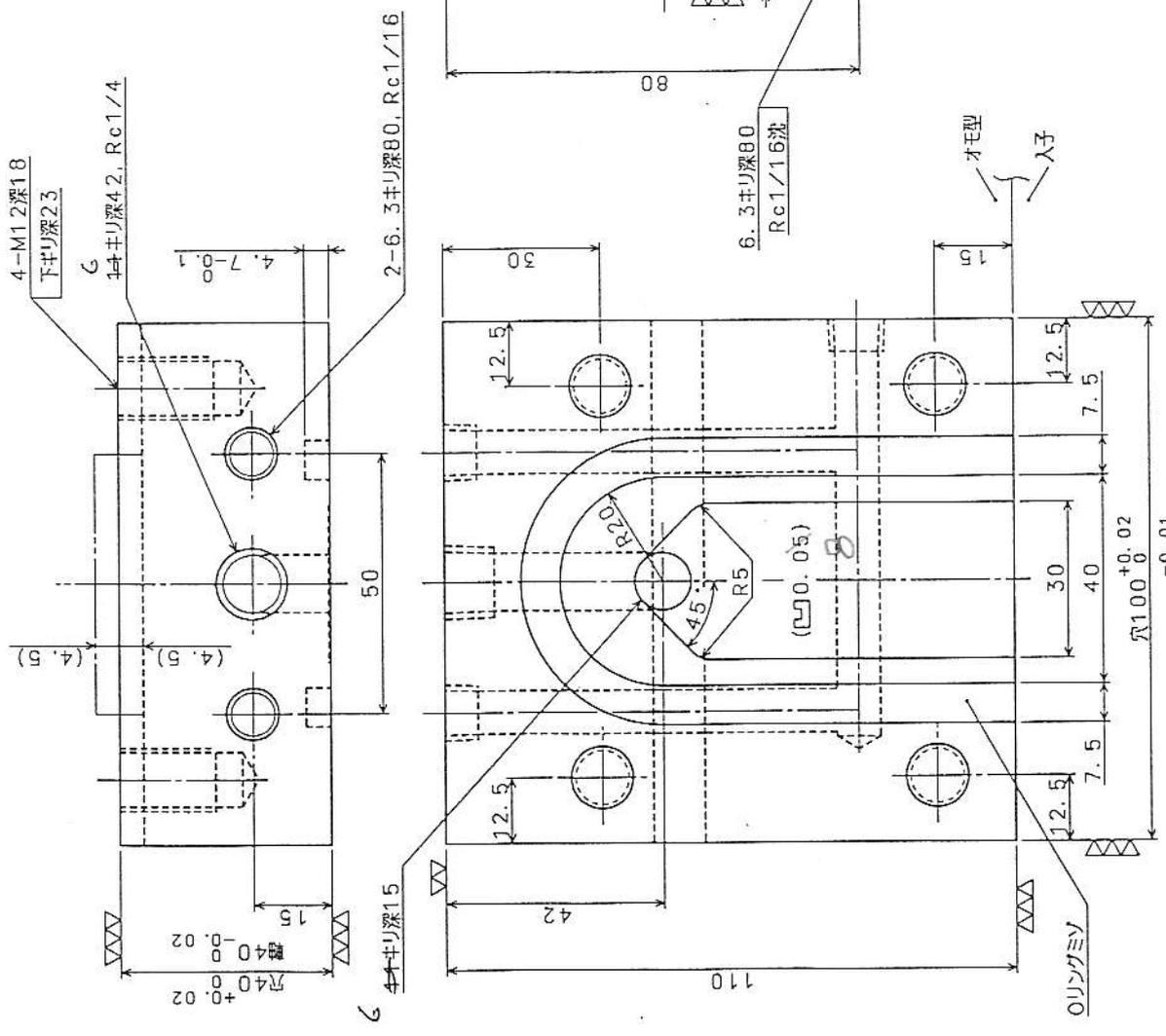
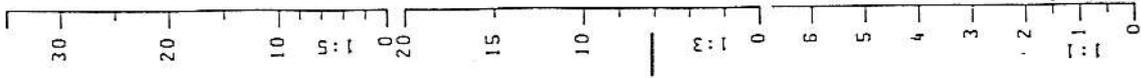
9. 参考文献

- 1) (財)素形材センター
軽合金鋳物・ダイカストの生産技術
- 2) 機械工学便覧(改定第5版)
日本機械学会
- 3) SMC株式会社
空気圧制御技術(応用)
- 4) 竹山、岩本、松田
ガスコントロールシステムの開発と実用例
1992年 日本ダイカスト会議論文集
- 5) 産経技術研究所
内外・最新真空技術便覧

10. 謝辞

本システムの評価を行うに当たり連続鋳造評価および動作確認をしていただきました柳河精機株式会社亀山工場の皆様に本誌を借りてお礼を申し上げます。

N031494



記事

- 焼入・焼戻 HRC45
- オリングハ線径5.7, 耐熱用ヲ使用ノコト.
(形格: 4D-P70-HS90)

密先制作品 (ご参考用図)

図	1:1	材	SKD61	kg	型番	
作		仕		材寸		
調	本	設	久保本			
査	95-09-02	計	95-07-13			
検	児玉	製	小林			
図	95-09-01	図	95-07-13			
東芝機械株式会社 N031494						
シンクウアツブロック						
DVF200C						
ルーチン 工 程						
95-09-24						

削リ加工寸法ノ普通許容差 (中級)		mm	
寸法ノ区分	許容差	寸法ノ区分	許容差
0.5以上 6以下	± 0.1	315 ヲコエ 1000 以下	± 0.6
6 ヲコエ 30 #	± 0.2	1000 # 2000 #	± 1.2
30 # 120 #	± 0.3	2000 ヲコエ 4000 以下	± 2
120 ヲコエ 315 以下	± 0.5		

CS_N031494F 設計 調査

『新技術：ダイカスト品質キヤンティに大きく前進！』

ガス コントロール システムII (通称：ガスコンII) ダイカスト製品の高品質、安定生産支援システム

ダイカスト鋳造法は高速で溶湯を鋳込むため、瞬時のキャビティおよびスリーブ内のガスの排気管理が重要です。本システムはキャビティ内ガス圧を毎ショット安定して正確に計測することを世界で初めて実現しました。この結果、溶湯に巻込まれるガス量をキャビティ内圧力によって監視することができ、データ管理および制御を行うことが可能となりました。

ガスコン普通ダイカスト法 (GCS-P)

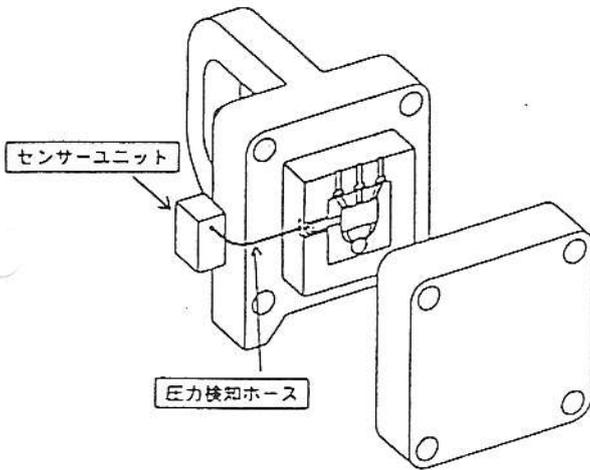


図1 概略図

ガスコン真空ダイカスト法 (GCS-V)

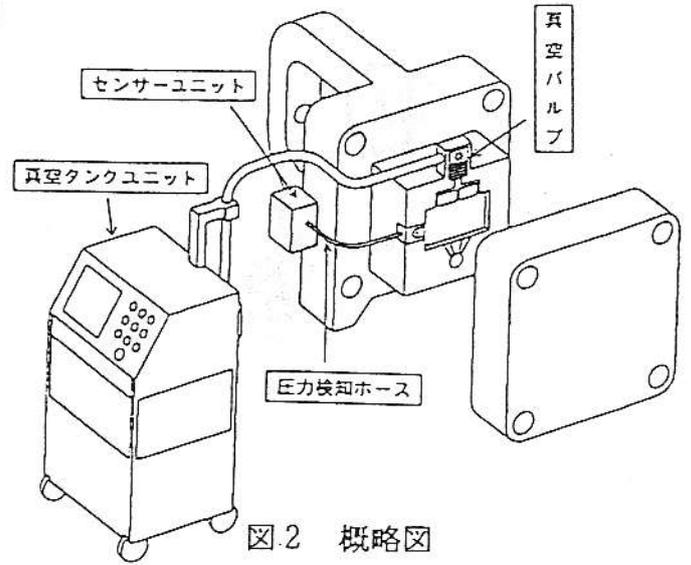
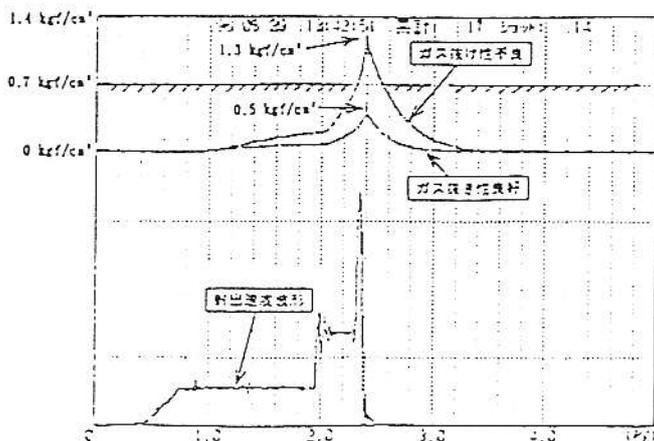


図2 概略図

《特長》

1. ガス圧が高くなると製品にガスが巻込まれますので、モニターにて警報を出し、型磨きや型締力修正を促します。
 2. 普通ダイカスト法での突発的なピンホール対策に有効です。
- 品質管理データに、キャビティ内のガス圧データを入れることが出来るようになりました。

表1 計測例



《特長》

1. 真空度を常に安定化させる制御が可能となりました。
2. 真空による溶湯先引不良を解決しました。
3. チルベント真空の欠点を克服出来ました。
4. 品質管理データに真空度を入れることにより、真空の効果を確認できます。
5. あらゆる真空方案に対応できます。

表2 計測例

