

局部加圧コントロールシステムの開発と実用例  
(スクイズピン)

東芝機械株式会社

岩 本 典 裕

久 保 木 勲

" Development of local squeeze control system to prevent shrinkage porosity "

Production of die castings can get a preventive effect on shrinkage porosity by an adequate local squeeze pin movement, which is the fact already proved.

But in the case of this, some deformations and cracks in the products, peeling in chill zone, and so on are brought about as its secondary demerits. Furthermore, most of the squeeze strokes are short in length, that is about 1 inch, and the molten-metal-squeeze effect disappears when reaching stroke end.

That is why we first thought up this method of detecting compactly the stroke of local squeeze cylinder.

Next, we originally contrived the P·Q·T-Control as to our control method. This method is as follows:--

It controls the electric circuit of local squeeze and the hydraulic pressure control, being independent of the die casting machine; it always makes a compensatory control by a microcomputer so that local squeeze cylinder can have a balanced pressure in front of the stroke; and it controls the hydraulic pressure, the flow and the pressurizing timing, in proportion to the demanded quality of the products.

We actually produced die castings by this system and achieved satisfactory results. This is the report about it.

## 1. はじめに



と書いて「ダイカスト製品」と読む。、と言われるほどダイカスト製品の品質上の不良、欠陥において巣の占める割合が多い。

ダイカスト製品の品質の維持・向上にはこの欠陥対策が不可欠で、我々ダイカストマシンメーカーもこの課題に長年取り組んでいる。



引け巣は溶湯の凝固に伴う体積収縮が主要因であるが、特にダイカストは強制急冷であり、製品内部の肉厚部や偏肉部での発生が著しい。

射出時にゲート部分が凝固するまではダイカスト製品部の凝固による収縮負圧を射出性能等で補充出来るが、凝固後は型の外部から局部加圧ピンなどの作動による補充が必要となる。局部加圧法による引け巣防止対策は多くのダイキャスターの方々の努力により実用化されている。

本テーマは局部加圧ピンの制御をダイカストマシン本体制御に制約されずに独立させ常に有効に作用させ、状況の変化に応じて補正、追従させる事を目的に開発したものでそのシステムと事例の紹介である。

## 2. システム開発の目的

### 局部加圧ピンに対するニーズ

- (1) ストロークエンド手前で凝固と圧力バランスをさせたい  
ストロークエンドに到達すると溶湯への「押し湯効果」が出なくなる
- (2) 凝固の進行に合わせて局部加圧ピンを動作させたい  
局部加圧ピン周辺に限らず製品内部全体の密度を高める事が理想
- (3) 局部加圧ピンによる二次不良の発生を防止したい  
局部加圧作用によりピン部及び周辺部に割れやチル層剥離が生じやすい
- (4) 複数の局部加圧ピンを完全独立制御したい  
ダイカストマシン油圧源の圧力変動や同時動作による圧力、流量の変化の防止
- (5) 金型を換えても条件の設定変更をせずに済ませたい  
段替する毎にデータをその部度インプットするのは煩わしい
- (6) ダイカストマシンの油圧、電気シーケンスの大幅変更をしたくない  
既設機、新設機に問わず取付を簡単に済ませる事が必要
- (7) 局部加圧ピンの異常を検知したい  
局部加圧ピンは応力も大きく抜き勾配がとれないので過酷で痛みやすい

### 3. 局部加圧ダイカスト法の必要性

普通ダイカスト法では製品の厚肉部や偏肉部に引け巣が生じる。

引け巣部に耐圧気密や機械的強度の品質要求があった場合の対応方法として、

金型方案的には指向性凝固や厚肉部の除去、マシンの場合は射出条件(充填・昇圧時間)の変更、また後処理方法として含浸処理などがされてきたが、どれも費用対効果として満足のいくものはなく、障害も多い。

そこで現状の製法や工程を大幅に変更する必要がなく、容易で効果的な方法として局部加圧法が考案された。

局部加圧法は凝固過程に外部から直接厚肉部を押し押し湯効果と熱間鍛造効果が得られる。

引け巣の具体的な例を今回のテストサンプルで説明すると

図1にて { N o . 1 は ストローク過小  
N o . 2 は ストローク適正 となる  
N o . 3 は ストローク過大 (引け)

特に N o 3 は凝固完了前に前進限に到達した場合で、押し湯効果が出ず引け巣が生じる。

局部加圧法は一般的にダイカストマシンの中子ポートを油圧源として利用する。そのため流量や圧力の調整領域は制限され、大半の使われ方はタイミングの調整のみとなっている。図2はその例で、この状態ではストローク目標域に常に入る管理が難しい。本研究は同じ中子ポートを使った場合でも、状況や要求品質に応じて専用に油圧回路を設け、流量・圧力・タイミングを制御する事で幅広い対応を目指すものである。図3

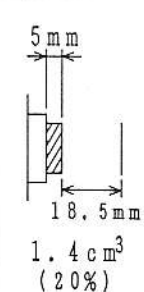
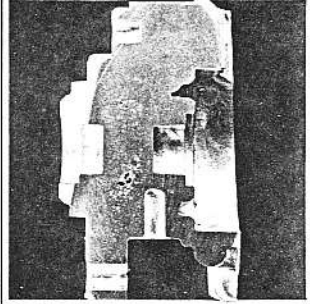
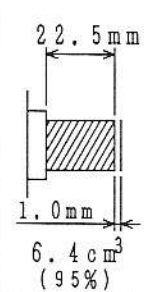
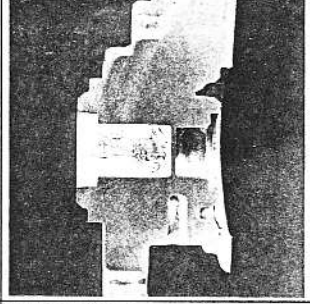
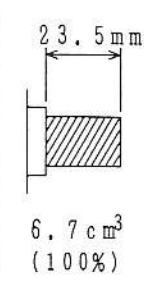
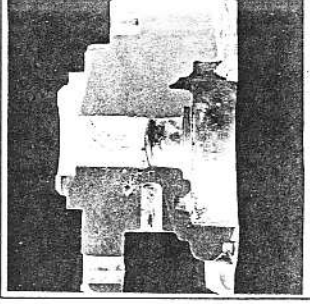
No	ストローク	写真	気密評価
1			×
2			○
3			×

図1 引け巣例

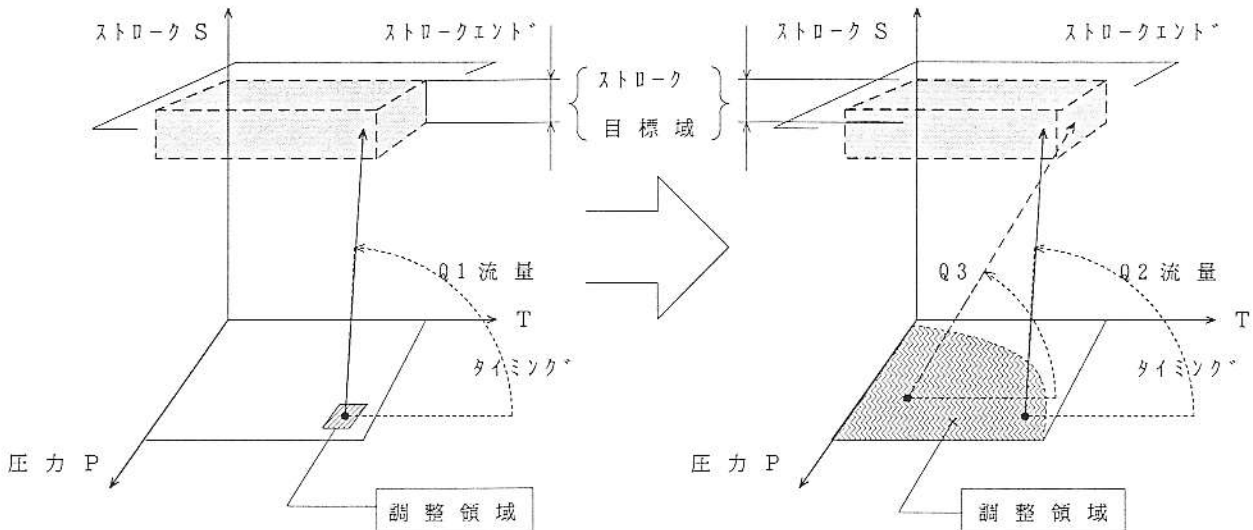


図2 在来制御方法での調整領域

図3 本制御の目標調整領域

#### 4. 局部加圧ピン制御の開発経過

約10年前から中部地区を中心にダイカストマシンの中子ポートを利用した局部加圧が行われるようになった。その制御経緯を図4に示す。

経過	波形での動作説明	制御方法
第一段階 (位置スタート)		高速LSが入るとタイマーT1が作動しタイムアウト後、中子用リリノイトバルブが励磁され局部加圧ピンが前進する (給湯量や各動作の誤差が入る)
第二段階 (圧力スタート)		昇圧完了手前の圧力をフレッシュスイッチにて検出(P1)しタイマーT2が作動する (P1, T2を双方設定出来る圧カマスターが使われることが多い)
第三段階 (圧力スタート)		局部加圧ピンの変位を検出してモニターし許容値から外れたらT3を変更する
第四段階 (PQT制御)		許容値から外れたら自動的に補正する 要求品質により圧力、流量、T3を補正制御

図4 局部加圧シリンダー制御方法の経緯

#### 局部加圧ピン変位検出センサーの開発

局部加圧シリンダーの変位制御及び次工程への品質保証をする上では末端である溶湯に接しているピンの変位検知が不可欠となる。一方、局部加圧用シリンダーは金型に制約されるため一般的にストロークも小さく小型にしなければならない。また環境的にも電気ノイズを拾いやすいのでセンサーに出来るだけ近いところで増幅させる必要性から、取付ナットにアンプを内蔵させ図5の形状にした。

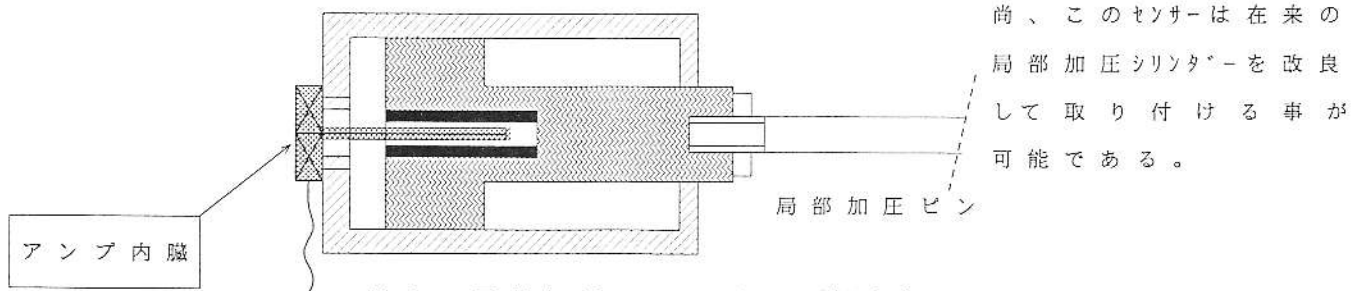


図5 局部加圧シリンダーの概略断面図

局部加圧センサー仕様

検出方式：磁歪式スリーブセンサー  
 入/出力：1.5 / 2.5 V DC  
 繰返精度：0.1 mm以内  
 応答周波数：200 Hz

5. 局部加圧ピンコントロールシステム

本システムをダイカストマシンに取り付けた状態を図6に示す。

①～④で示した部分から成り立っている。

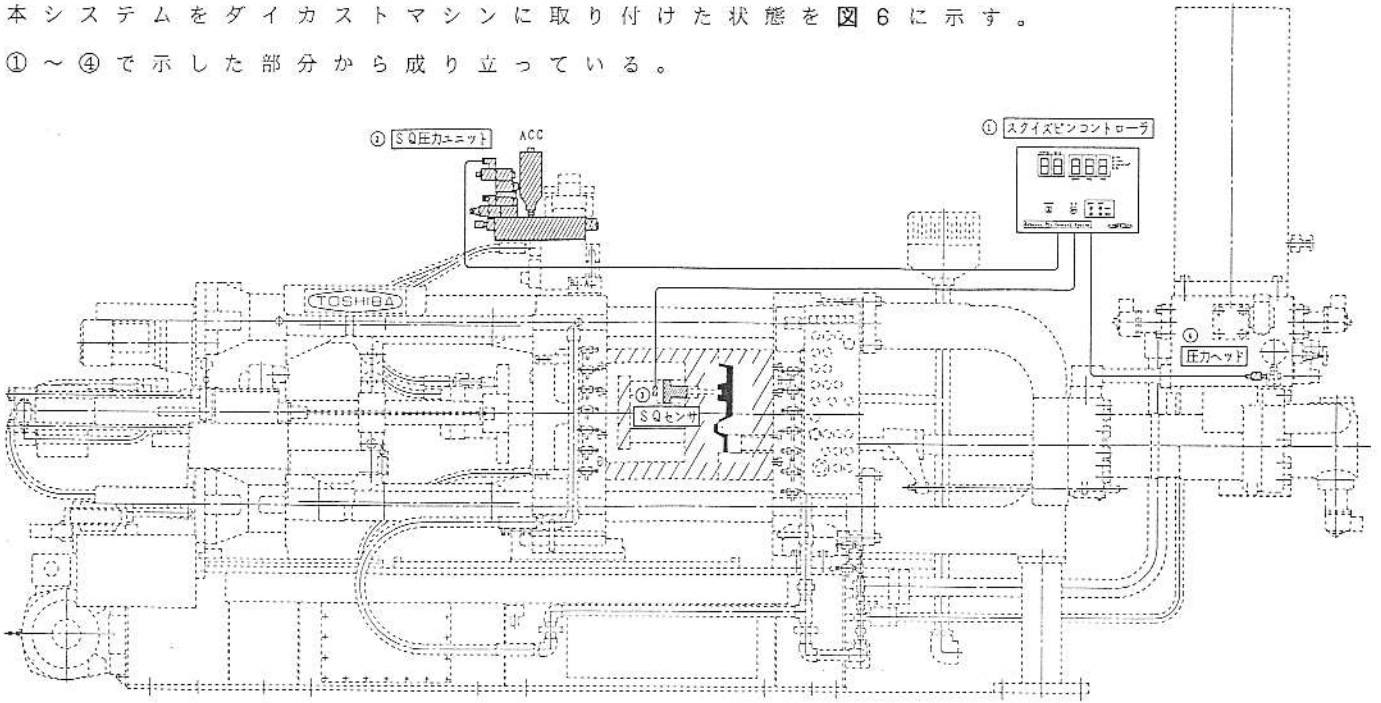
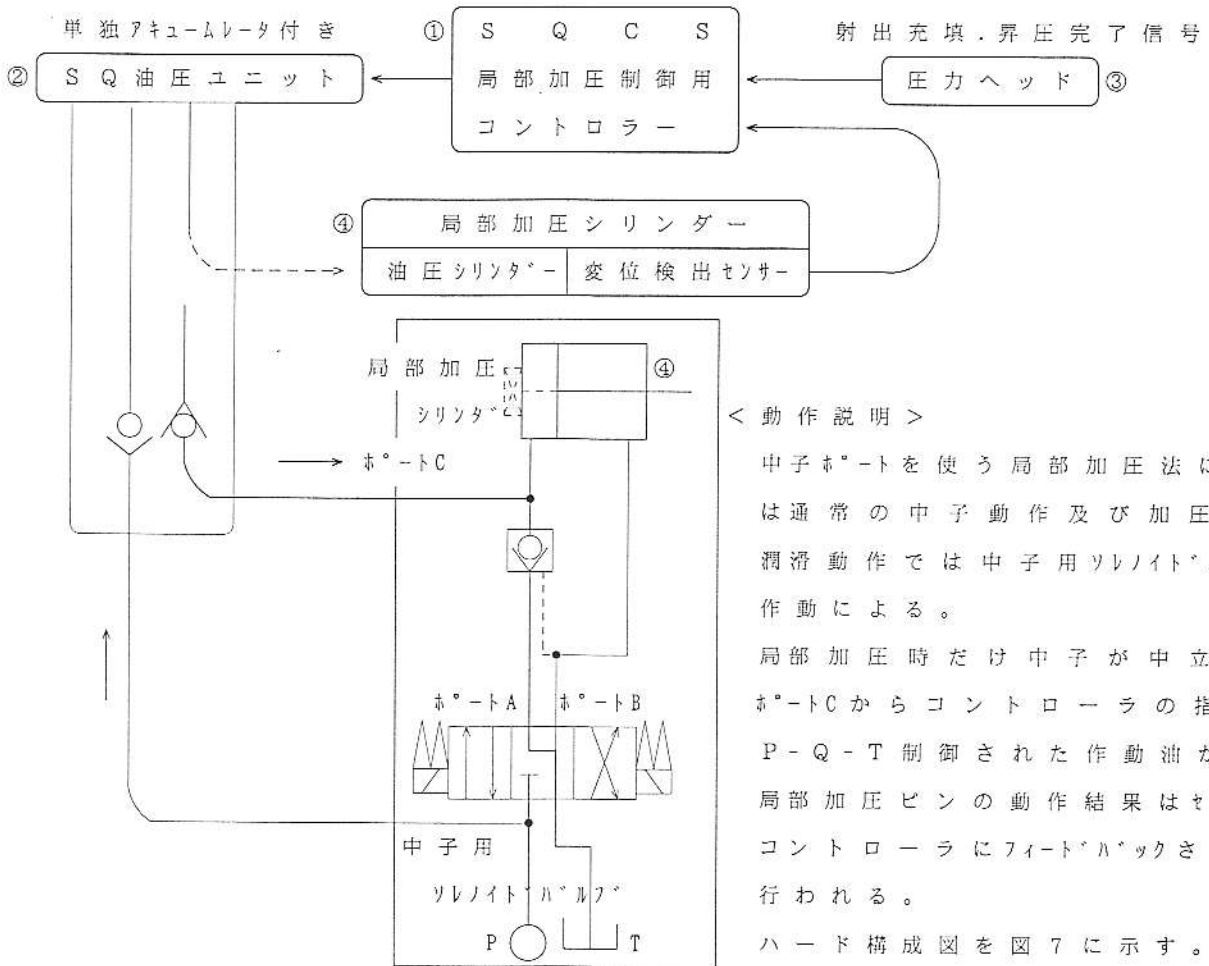


図6 システム全体構成図



<動作説明>

中子ポートを使う局部加圧法においては通常の中子動作及び加圧ピンの潤滑動作では中子用ソレノイドバルブの作動による。

局部加圧時だけ中子が中立状態でポートCからコントローラの指令にてP-Q-T制御された作動油が入る。局部加圧ピンの動作結果はセンサーにてコントローラにフィードバックされ補正が行われる。

ハード構成図を図7に示す。

図7 ハード構成図

## 6. コントローラ部

製品の要求品質に対し局部加圧ピンの動作を如何に効果的に作用させるか、また加圧ピンの変位計測値に対して補正制御をどうするかを検討し、マイクロコンピュータによるP-Q-T制御<sup>(1)</sup>を考案し対応させる。

(1) P = 圧力, Q = 流量, T = タイミング (待ち時間) を局部加圧ピンの変位に応じ補正をしようとするもので、品質条件に合わせ3つの内のどれを補正するかを選択する。実製造での局部加圧ピンストロークが補正範囲を越えた場合その選択項目の設定値が変更される。

### P-Q-T制御

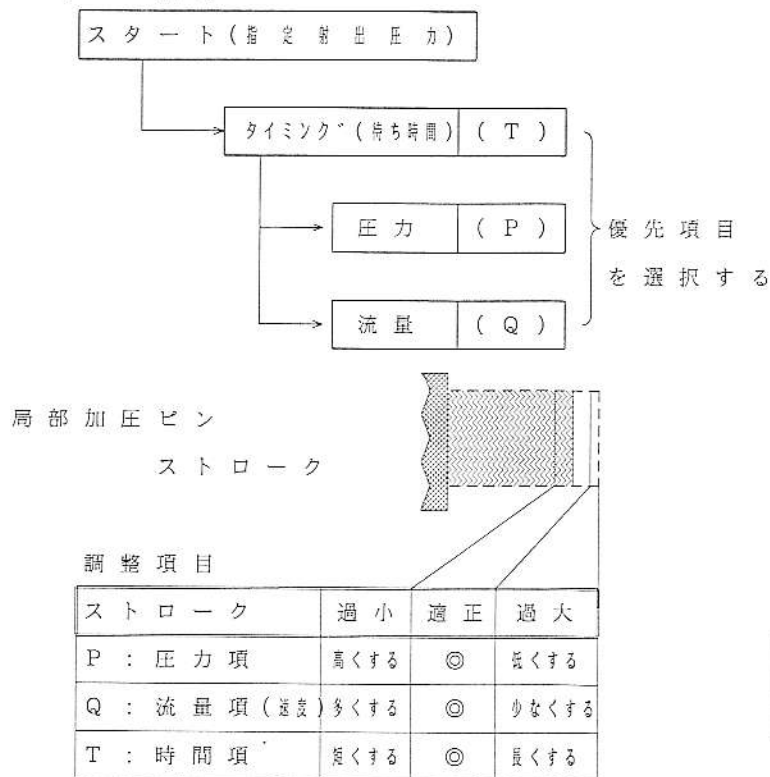


図8 P-Q-T制御とその調整項目

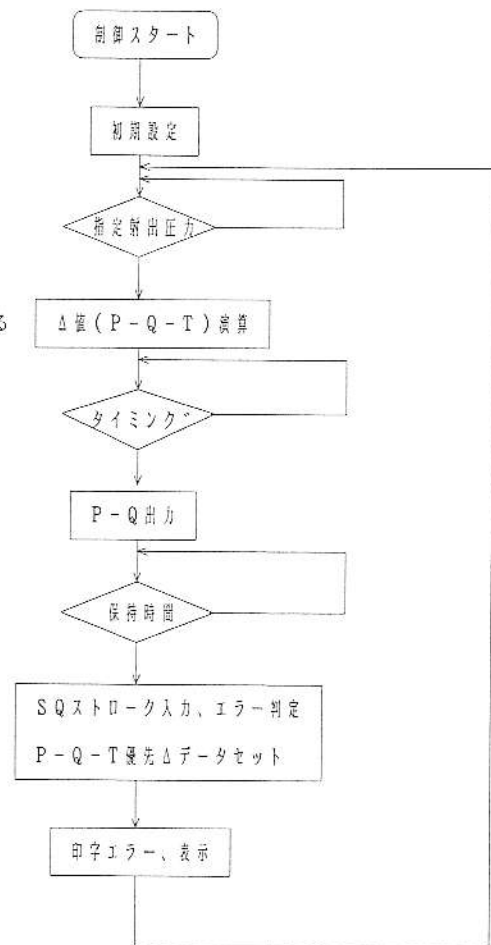


図9 P-Q-Tフローチャート

ダイカストマシンの本体制御と局部加圧ピン制御に下記対策を行っている。

- (1) ダイカストマシンのシーケンス動作において実際の局部加圧ピン動作は加圧時だけS Q油圧ユニットを作動させる。(残りは全て在来の局部加圧ピン動作と同じ)
- (2) コントローラのスタート信号は射出シリンダの増圧フレックシャ信号から独自に取る。
- (3) 局部加圧ピンの変位は型開時の潤滑動作吐出時最大ストロークを表示するので、制御変位データをこの手前の管理データとしてインプットしておけば、金型交換しても殆どデータ変更する必要がない。
- (4) アラーム機能にて局部加圧ピンの動作確認を行い、加圧ピン不良の管理をする。

## 7. 油圧制御部

局部加圧ピンはその大半が中子ポートを利用して行われるので兼用出来るようにした。また、P Q油圧コントロールユニットの取付を容易にする必要性から中子用ソレノイド“ハルフ”をサント“サフ”として挟み込めるようにした。

サント“サフ”には独立動作を目的に専用アキュムレータを設け局部加圧ピン変位動作のフィードバックがマイコン指令にて制御出来る電磁比例制御の流量・圧力調整弁を付けた。

また、局部加圧動作は負荷抵抗の変化が多いので圧力補償弁を設け速度の安定化を計った。

① 比例電磁式方向流量弁	⑦ 圧逃がし弁
② シリーズ型圧力補償弁	⑧ オリフィス
③ プレート	⑨ アキュムレータ
④ 減圧弁	⑩ フィルタ
⑤ ⑪ チェック弁	⑫ 電磁切り換え弁
⑥ 比例電磁式リリーフ弁	⑬ パイロットチェック弁

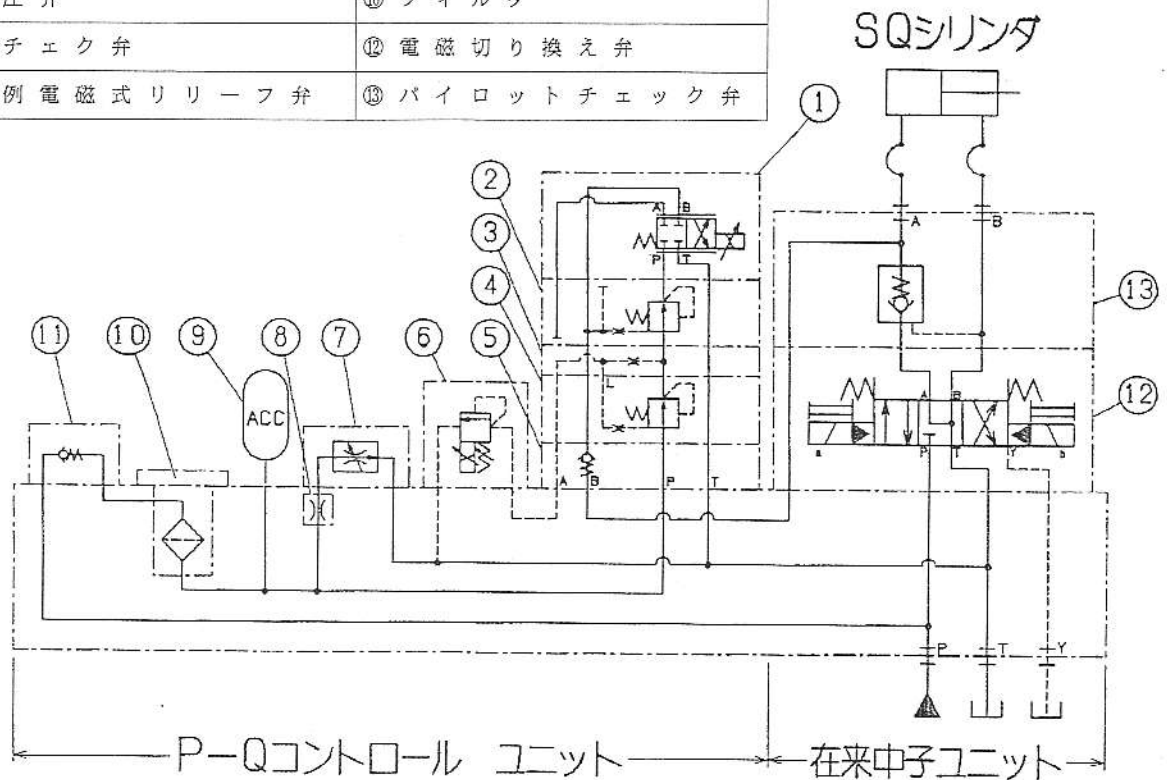


図 10 油圧系統図

ダイカストマシンの移動ダイプレートへ取り付けた例を図 11 に示す。

中子油圧ユニット (E C) の右から 3 番目に本コントロールユニットをソレノイド“ハルフ”に共締めする。これにより在来のポート及びホースがそのまま使用できる。

本コントロールユニットをソレノイド“ハルフ”の長手方向にソレノイド“ハルフ”ピッチ以下に配置する事により複数の局部加圧独立制御が可能となる

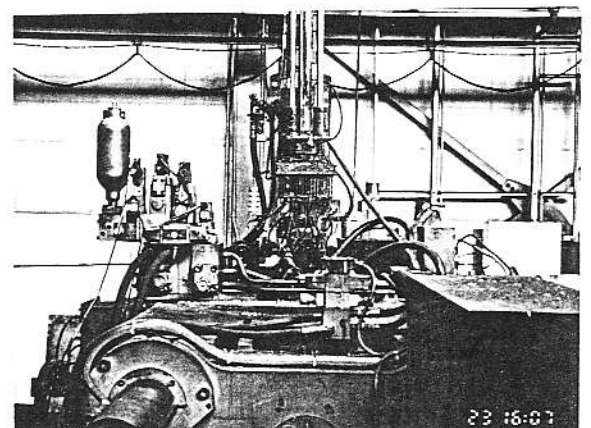


図 11 取付例







連続実铸造でのストロークのバラツキ

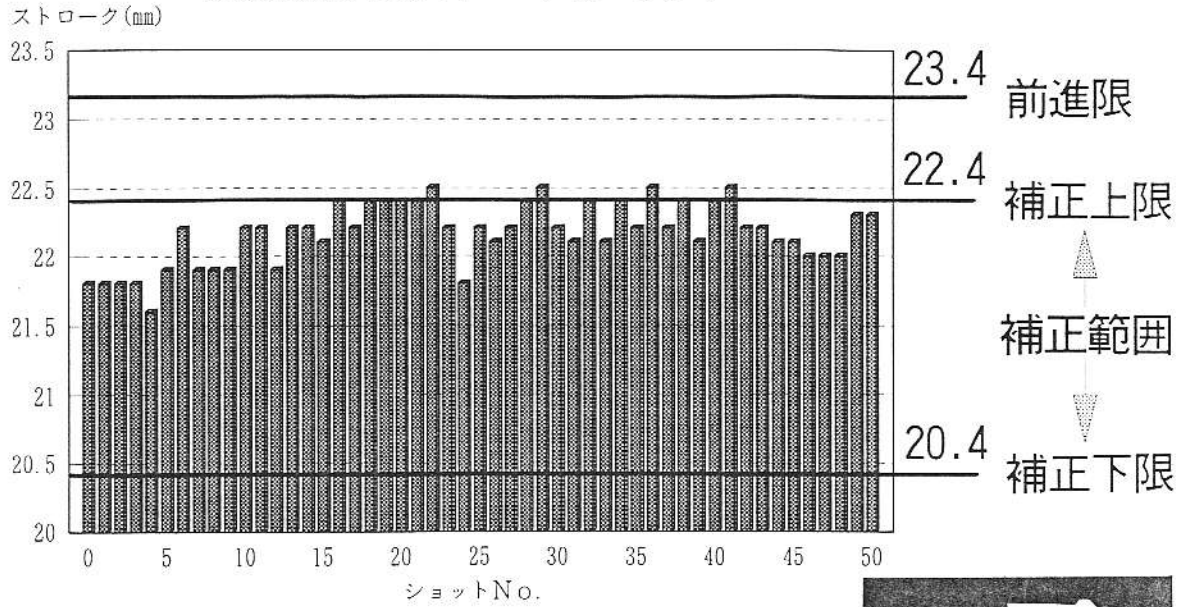


図 1 6 連続実铸造結果

連続実铸造テスト結果

図 1 6 は補正上限を 2 2 . 4 m m に設定し制御優先を T : タイミング<sup>®</sup>にして行った時の結果である。連続ショットでは型温上昇と共に上限に近ずき上限を越えるとタイミング<sup>®</sup>が長くなり補正を実行している事が判る。

図 1 7 は加工後の気密テスト合格品の断面で引け巣もなく適正に局部加圧が作用している。

本条件にて連続 3 0 0 ショット铸造して加工ラインに流したところ不良は 0 であった。

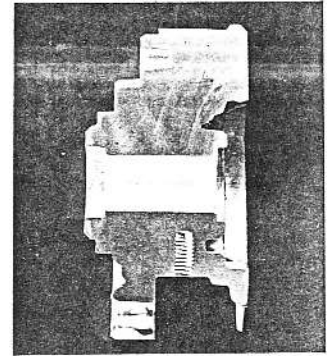


図 1 7 合格品の断面

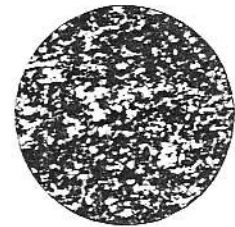


図 1 8 拡大写真(600倍)

在来局部加圧ピン制御

中子ポートをそのまま使うので流量調整がしにくい。

タイミング<sup>®</sup>時間を長くし、凝固終了間際に局部加圧ピンを作動させている。

難 しい

本 制 御

中子ポートの A ラインに S Q 制御を追加し 圧力 (P) 流量 (Q) をコントロールする。

圧力 (P) 流量 (Q) タイミング (T) を製品の要求品質に応じ作動出来た。

容 易

ストロークエンド手前で凝固とバランスをとる。

## 10. 工業所有権

本テーマに関連した工業所有権の国内出願は特許7件、実用新案1件である。  
海外特許は米国3件、韓国1件、カナダ1件が登録済みである。

## 11. 結 言

- 1) 品質向上に有効な局部加圧コントロールシステムの確立が出来た。
- 2) 凝固収縮に合わせた加圧ピンの押し込み位置管理が圧力、流量、タイミングの制御 (P-Q-T制御) で可能となった。
- 3) 局部加圧での問題点でもあった加圧ピンの擠動中の抵抗変化による速度バラツキについては圧力補償回路を設けることにより、自己補正し安定作動する事が確認出来た。またアラーム機能により局部加圧ピンの管理も可能である事が判った。
- 4) 局部加圧の作動方法として、液相状態からゆっくり動かす凝固追従型と半凝固状態を高速で動かす熱間鍛造型とがある事が分かった。  
これまで大半は後者の熱間鍛造型が使われているが、二次不良や局部加圧ピンの寿命をも考慮した総合品質評価としては凝固追従型の方が優れていると思われる。
- 5) 製品の要求品質に応じ、どれを補正優先にするかは今回の1例だけでは決定出来ない。また精密制御による二次的効果も期待出来そうだが、いずれにしても金型によりまちまちでありユーザのノウハウでもあると思われる。
- 6) 局部加圧ピンの管理においてストロークレイト<sup>®</sup>であっても凝固直前に到達したのであれば、良品の可能性はあるが品質・生産の定量管理を行う上では常にストロークレイト<sup>®</sup>手前でバランスする事が大切であり、そこに至るための工程管理が重要だと思われる。
- 7) 局部加圧ピンの温度制御の必要性も検討したがダイカスト法での局部加圧ピン圧力は100MP以上と高圧であり位置制御においてはP・Q・Tに続くパラメータと判断した。
- 8) 最後に  
鋳巣対策方法として取り組んで来たが、ダイカストのように短時間で、しかも環境の厳しい条件であっても、マイコンをベースとした制御への応用技術の進展を計る事によりダイカストの品質向上と安定生産が出来ると思われる。  
これからも完成度の高いシステムの構築に力を尽くして行きたい。

## 1 2 . 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 ) 杉 浦 泉 鈴 木

スクイズ併用ダイカスト鑄造法

J D 8 6 - 2 0 ( 日 本 ダ イ カ ス ト 会 議 論 文 集 )

( 3 ) 西 直 美

アルミニウム合金ダイカストの鑄巣欠陥の分類とその形態

1 9 9 4 年 第 一 回 ダ イ カ ス ト の 鑄 造 欠 陥 と 対 策 研 究 部 会

## 1 3 . 謝 辞

本システムの評価を行うに当たり連続鑄造及び品質確認テストをしていただきました品川ダイカスト工業株式会社からまつ工場の皆様に本誌を借りてお礼を申し上げます。