

最新式ダイカストマシンシステムと その周辺技術について

岩 本 典 裕*

はじめに

ダイカストは生産性が高く、製品の寸法精度や肌の出来ばえが、ほかの鑄造方法に比べ優れている反面、高速、高圧で溶湯を射出するため金型を含む鑄造技術上のファクターが多く、従来、熟練作業者が勘と経験により鑄造条件を設定している。

近年、生産性向上の為にジャストインタイム方式などの多品種少生産方式の要求が高まり、段取り回数が増加している。ところが新しい製品に切替る度に多くの段取り時間を要し、製品の歩留まりが低下するという問題が生じてきた。

そこで、将来的にダイカスト工場の無人化、FMS化に対応し得る機能を有し、鑄造及び周辺装置の条件を自動的に設定しトータル的にフィードバック制御をさせる目的で「DACS」(ダイカストアダプティブコントロールシステム)を開発し製品化した。

DACSはマイコンの特徴を生かし、金型ナンバーを呼び出すだけで一連の鑄造工程の条件を全てセット出来るほか温度、圧力、速度のパラメーターによる最適制御や金型条件による理論射出条件の演算、故障診断、稼働記録集計機能などを有している。

DACSは発売以来、大手自動車・二輪メーカーを主体に十数台の実績を有し、350トン～3,500トンまでの幅広いバリエーションが完成している。

メカトロ化への経緯

1975年以降ダイカスト部品の多様化が進み少品種多量生産から多品種少量生産へとダイカスト生産システムが変化し、それまでダイカストマシンの特徴でもあった段替のわずらわしさを克服すべくタイバー引抜装置、押出板クランプ装置、ダイクランプ装置がセットとして注文されるケースが多くなり金型も装置に合わせた標準化が進んできた。

段替方法についてみるとダイカスト金型では中子シ

リンダーが数多くあり、従来交換の際中子シリンダーをいちいち外していたものを外さずに、上部タイバーを引抜くことによりクレーンにて上側又はローラコロにより反操作側に金型をダイカストマシンから出入れする方法が採用されている。こうして従来大型機で半日以上かかっていた段替が大巾短縮された。

また、段替時間中に鑄造条件をオペレーターが操作盤面で全てインプットしようとするために、各調整バルブが遠隔コントロール化されはじめた。具体的には射出用として高速、低速、増圧の各バルブ・給湯量調整モータ・搬出装置の製品追従限ストップなどがリモコン化し、電気的には射出の高速切換位置、キュアリングタイマー、スプレータイマー、給湯タイマーが操作盤に収められた。さらに鑄造製品の大型化、複雑化により製品の良品を生むための鑄造条件範囲が厳しくなり歩留向上を目的に射出工程中のモニタリング及びアラームを出すためのリミット設定も操作盤で行う必要性が生じて来た。その結果、多品種少量生産を高い生産性で維持するためには、これまで行って来た機械化による対応では限界となって来た。そこで、コンピューターにより鑄造条件を管理し、FA化へ発展させることを目的に1982年 CCD (コンピューターコントロールダイカストマシン)を開発した。(写真1)

CCDでは下記機能を有していた。

- 1) 操作制御機能……射出条件をキーボードにインプットしリモコン制御する。
- 2) 自動制御機能……射出と型締力を設定値にもとずき常時監視する。
- 3) 計測監視機能……結果をCRTに表示し、設定外はアラーム表示させる。
- 4) プリンター機能……CRTに表示された画面をプリントする。
- 5) CMT機能……運転条件をカセットテープへ記録及びローディングする

1983年 CCDがダイカストマシン本体に限定されていたものをダイカスト工程を一連のシステムとして

* 東芝機械(株) 産業機械第一技術部 金属成形機械設計課

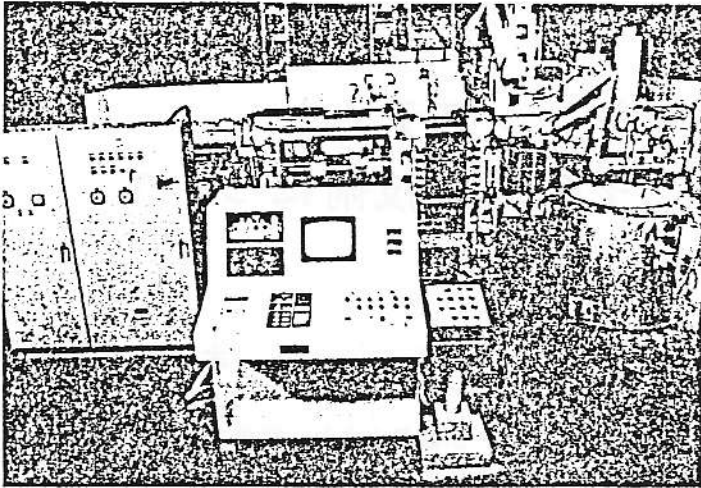


写真 1 350 トン CCD ダイカストマシン

考え機能アップさせ、給湯装置、ダイカストマシン、搬出装置、スプレー装置を総括制御する DACS を完成させた。

計測制御化へのニーズ

ダイカストの生産工程での要求は複雑な製品をいかに良品としてキャストし、早く取り出し次サイクルにつなげるかにある。

この要求に答えるためには、鑄造条件を常に最適な状態に保つこと、および周辺機械をサイクルアップするために同調させ高速化させることが必要である。

鑄造条件の最適制御化のニーズとして最近、鑄造部品の大型化とともに機能部品や高精度部品のダイカスト化が行われるようになってきている。機能部品とはコンプレッサーボディやステアリングボックスの様に気密性、強度・信頼性を要求されるもので、高精度部品とは OA 機器のフレームの様に形状や寸法精度の高い部品をさす。これらの部品の鑄造条件には単に与

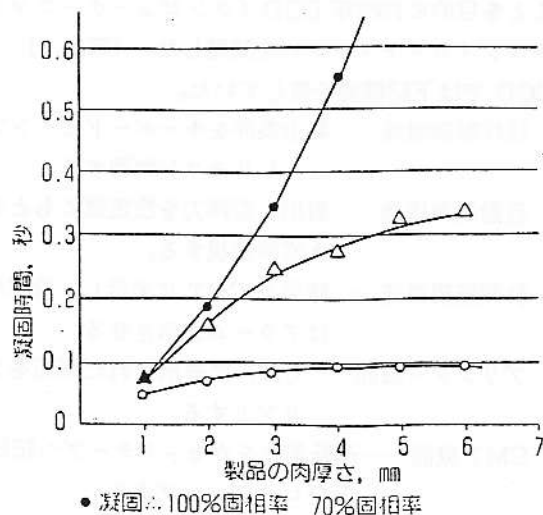


図 1 製品の肉厚さと凝固時間

えられた射出条件になる様に各制御バルブをフィードバック制御するだけでなく、溶融金属の凝固プロセスに関係する条件、即ち、溶湯温度、金型温度（固定型、移動型）を射出条件のパラメーターとして考慮することが必要であり、図 1 の実験結果や凝固時間の理論式より逆算して求めた温度による射出条件補正式に基づいて、射出条件が制御される。

また、温度ファクターはキュアリングタイマーやスプレ吹付タイマー、注湯遅延タイマーの自動補正にも使っている。

寸法精度については型締力と鑄造圧力（オンメタルプレッシャー）が影響するため、型締力は設定値への自動補正、鑄造圧力についてはモニター管理を行っている。

サイクルアップはダイカストの製品単価に直接関係するので、効果として大きい。そこで、一連の工程でダイカストマシンの 1 サイクルに関与するタイマーや金型動作時間を除いた時間、即ちドライサイクルに係わるものをロボット制御化した。

給湯装置では走行軸、注湯軸を DC サーボユニットにて制御し、ルツボの湯面を記憶しておくことにより、ラドルの着湯を早め、注湯時は加減速コントロールにより湯をスリーブ内に早く、かつエアの巻込を少なくすることを可能とした。

搬出装置では昇降軸、引出軸、走行軸をデジタルバルブにより直接コンピューターコントロールすることで、押出動作と引出軸を同調させたり、昇降軸と引出軸を同時動作させることによりサイクルアップを計った。

スプレー装置では搬出装置との干渉回避の為搬出の走行軸とスプレーの昇降軸を同時動作させることにより時間短縮を可能とした。

また、制御軸及びタイバード検出は※アブソリュートエンコーダーにより常時位置検出を行っており、

※アブソリュートエンコーダー：絶対位置検出器

特徴：耐油、耐振動性、耐熱性に特に優れている。

磁気抵抗型のアブソリュートエンコーダーをダイカストマシン専用(株) NSD 社と共同開発した。

	型 締	搬 出		スプレー 下 降	給湯走行
		下 降	引 出		
動作時間 (Sec)	シーケンス 制御 DACS	100 ↓ 90	100 ↓ 70	100 ↓ 50	100 ↓ 80
	衝 撃 力 (G)	100 ↓ 80	100 ↓ 30	100 ↓ 80	100 ↓ 70

図 2 従来制御を 100 とした比較 (当社比較)

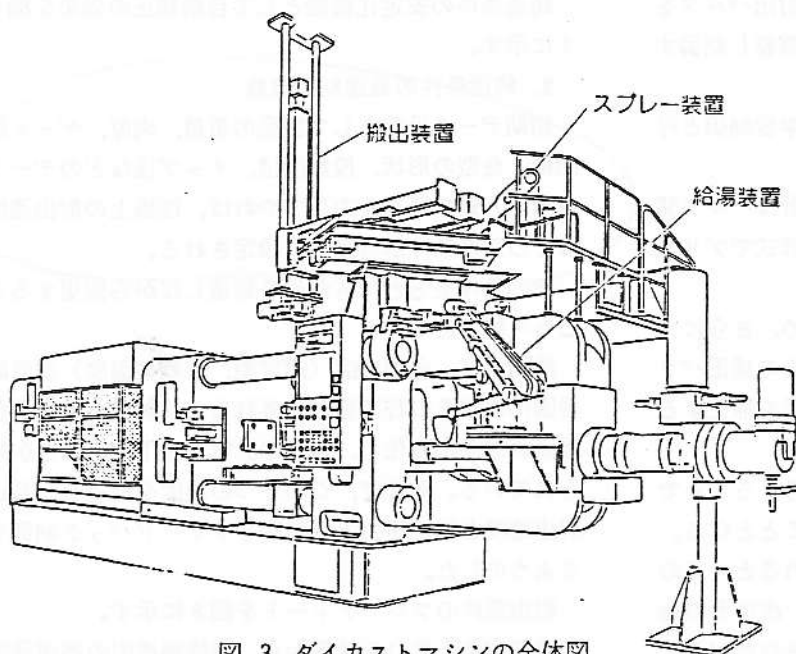


図 3 ダイカストマシンの全体図

停止点演算を行うことにより、油温、摺動抵抗などの影響を補正しながら動作するため、高速できわめてショックレスな動きとなり、サイクルアップに貢献している。

DACS の構成

ダイカストマシン全体の構成は図3にあるように、ダイカストマシン本体と周辺装置からなる。

DACS は、制御ユニットを中心いくつかのユニットから構成されていてシステム構成上の最大の特長は、制御を司るユニットと、モニタリングなどのマンマシンインターフェースを司るユニットが明確に分離されている点にある。これにより、組み合わせにフレキシビリティを持たせ、さらに各ユニットの機能を最大限発揮させることが可能となった。

制御ユニット群は、マシンの制御やデータ計測のみを行うことができる。これにはデータを入力したり、計測して結果を表示したりする機能は設けてない、そこで、これらの制御ユニット群へデータを入力したり、計測した結果を表示するためには、周辺機器を使用する。

周辺機器は、制御ユニットと通信を行っている。そして、キーボードなどの入力機器とプラズマ表示器、CRT、プリンタなどの出力機器を用いて、データの入出力を行う。

通信によって離れた場所へ、制御ユニットと周辺機器を設けることが可能であ

る。たとえば、マシンの操作箱へ表示を設けたり、遠隔にてマシンをモニターするという構成をとることができる。

DACS システムは図4のようなシステム構成となっている。

DACS のユニット機成を図5に示す。

DACS システムは、表1のようなシステム構成内容となっている。

DACS の機能と評価

1. 鑄造条件の安定化機能

ダイカスト製品の凝固時間は図2からも解かる様に0.01秒～0.3秒と極めて短かく、熔融金属を金型へ圧入する射出ピストンの制御はそれ以下で制御する必要がある。ところが一般の機械で行われて

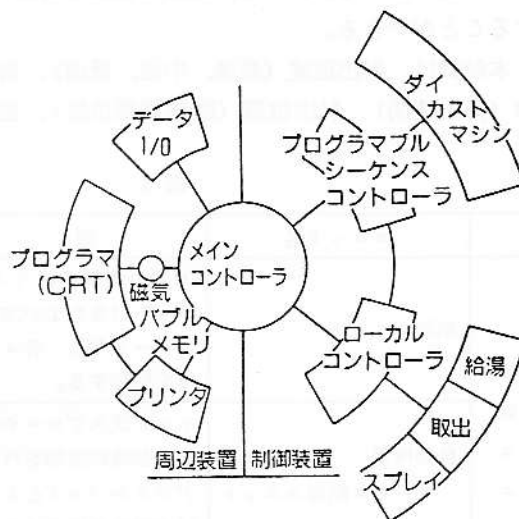


図 4 DACS のシステム構成

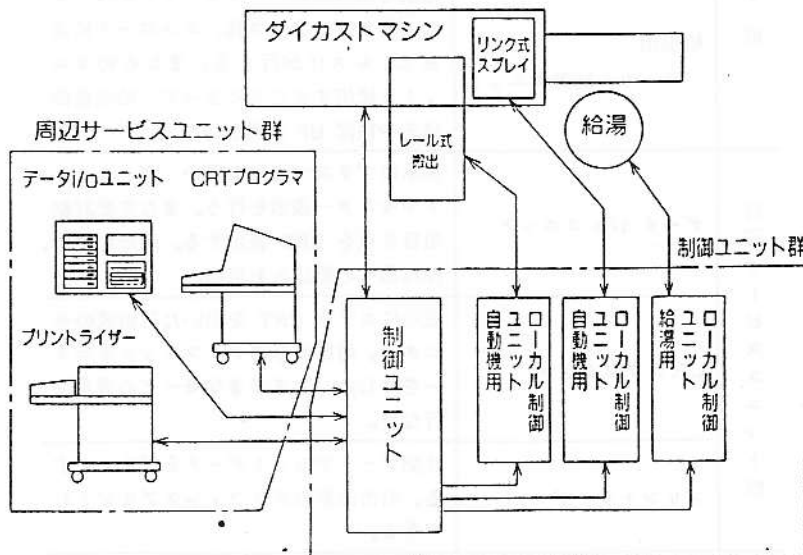


図 5 DACS のユニット構成

いる様なフィードバック制御を射出工程のリアルタイムで行うことは時間的に不可能なため、射出バルブを電動リモコン化し、射出前にあらかじめ調整し制御する方法を用いている。

ここで使われている制御をわれわれは学習制御と呼んでいる。

学習制御は予習と復習とに名づけ、予習はバルブ開度指令などをあらかじめパラメータや計算式でプリセットさせるもの。

復習は計測データと設定値の誤差を求め、さらにプリセットされたパラメータを補正し、その補正パラメータにて再計算した値でプリセット量を補正するもの。

予習は人間がコンピューターに知識を与えることであり、復習はコンピューター自身が学ぶこととなる。

一度復習によってパラメータ補正がされると、そのパラメータはバルブカセットに記憶され、次にその金型のデータを使用する際には、この補正されたパラメータが使用される。従って、最適な補正を毎回再現することができる。

本制御は、射出速度（高速、中速、低速）、射出圧力（昇圧時間）、射出位置（高速切換位置）、型締力、

給湯量補正などに採用している。

鑄造条件の安定化機能として自動補正の効果を図6、7に示す。

2. 鑄造条件の最適制御機能

初期データ設定として製品の重量、肉厚、ゲート断面積、金型の形状、投影面積、チップ径などのデータを対話方式で順次入力してやれば、理論上の射出速度などの鑄造条件が自動的に設定される。

その条件をもとに各条件を鑄造しながら変更することも可能である。

溶湯温度、金型温度（固定型、移動型温度）が外的要因によりその許容値から外れると、製品へ流れ込む湯流れ傾向が変化し、製品の品質が低下することが知られている。そこで、この2つの温度を監視し、高速射出速度と射出圧力上昇時間をフィードバック制御するようにした。

射出条件のフローチャートを図8に示す。

金型が冷えている状態から、連続鑄造中の高速速度、低速速度、昇圧時間（圧力上昇時間）、型締力自動補正の様子を図9に示す。

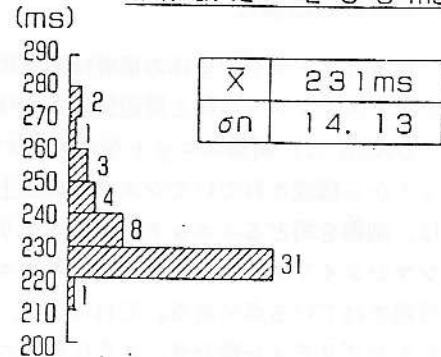
\bar{X} は平均値 (50ショット)

6σ は標準偏差を示す。

表 1

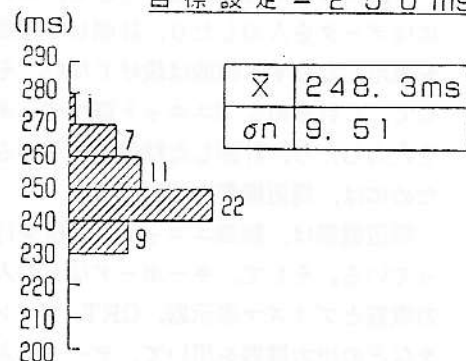
	ユニット名	概 要
制 御 ユ ニ ット 群	制御ユニット	本体の制御を行うユニットで、このユニットはまた DACS システム全体のマスターとなり、各ユニットとのデータ通信を制御する。
	自動機用 ローカル制御ユニット	リンク式スプレーや搬出などの油圧駆動の自動機の制御を行なうなど。 デジタルバルブとエンコーダによって加減速制御や位置決めを行う。
	給湯用 ローカル制御ユニット	給湯専用の制御ユニット、サーボモータによるショックレス化、エンコーダによる LS レス化が行える。またこのユニットを使用することによって、給湯量の補正や精度 UP が可能となる。
周 辺 サ ー ビ ス ユ ニ ット 群	データ i/o ユニット	表示にプラズマ表示を用い、データセットやモニター表示を行う。また主要計測項目9点を LED 表示する。薄形なので、操作箱への組込みも可能。
	CRT プログラム	表示にカラー CRT を用いた可搬式のモニター。射出波形のグラフィックモニターをはじめ、さまざまなモードの表示を行なう。
	プリンタライザー	計測データやセットデータをプリントする。射出波形のグラフィックプリントもできる。

目標設定 = 250 ms



(a) 自動補正 OFF

目標設定 = 250 ms

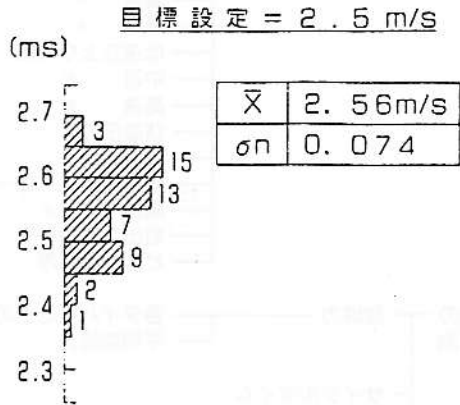


(b) 自動補正 ON

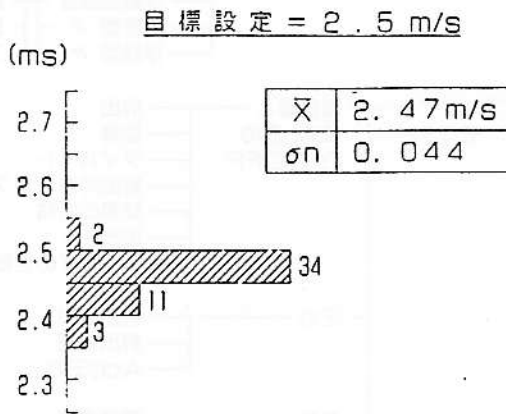
図 6 昇圧時間の統計比較

3. モニター機能

DACS では、射出・型締力・温度等、数多くのデジタル計測を行っている。射出については、速度・圧力・



(a) 自動補正 OFF



(b) 自動補正 ON

図 7 高速射出速度の統計比較

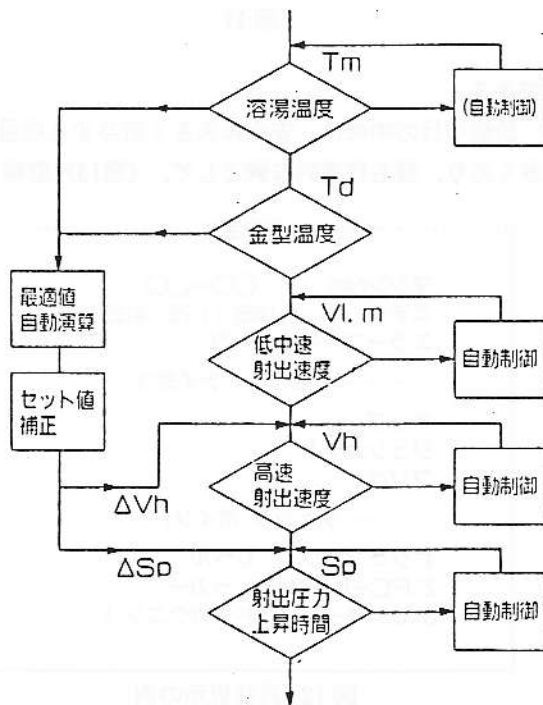


図 8 射出時の条件設定フローチャート

変位のアナログ計測も行われ、CRT プログラマやプリンターにてグラフィック描画することができメモライザー機能を有する。

この他、制御している各軸（射出搬出昇降軸など）の位置や射出圧力、Acc 圧力、さらに各計測温度がリアルタイムでモニターしている。

- (1) DACS での射出計測項目を図10に示す。
- (2) DACS の全計測項目を図11に示す。

4. 鑄造条件の一括ローディング機能

金型交換時オペレーターは操作盤のデータ I/O ユニットで金型 No. を呼び出すだけで全ての鑄造条件はセット完了となる。データはバルブカセットに納められており、60型分のデータを収録することが可能で、

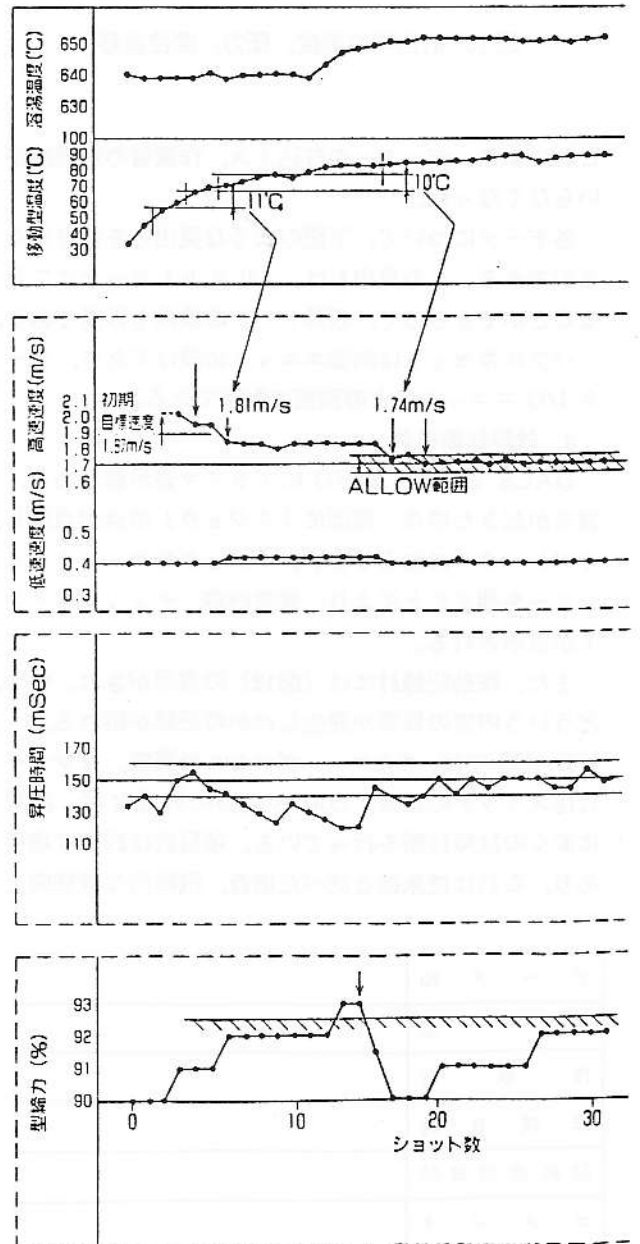


図 9 温度補正機能の効果

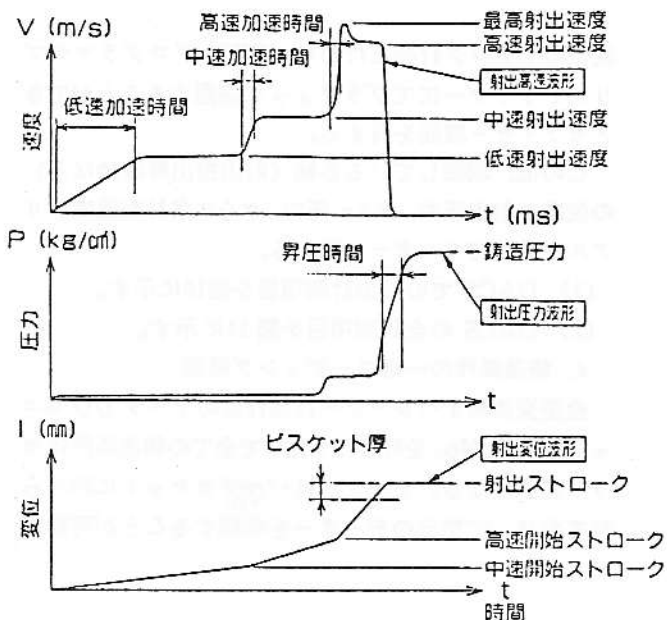


図10 射出時の速度、圧力、変位波形

これにより、データの入力ミス、作業者の熟練度がいらなくなった。

各データについて、下記のような見出しを付けることができる。この見出しは、「リスト」モードにて見ることができるので、収録データの検索も容易である。

バブルカセットは制御ユニットに設けてあり、データ I/O ユニットなどの画面で制御できる。

5. 故障診断機能

DACS ではデータ I/O にプラズマ表示器があり、異常が起きた場合、画面に「イジョウ」の点が点滅し、オペレーターに知らせます。イジョウのファンクションキーを押すことにより、異常内容、チェックポイントが表示される。

また、稼働記録計には(図12)の表示がされ、いつ、どのような内容の異常が発生したかの記録が取れる。

DACS では、またマシンプロセスの異常、センサー近接スイッチの異常、DACS 自身の異常など、非常に多くの故障診断を行っている。項目数は約 200 項目あり、これは従来機と比べた場合、飛躍的な機能向上

データ No	
型名	
作成者	
作成日時	
最終変更日時	
コメント	

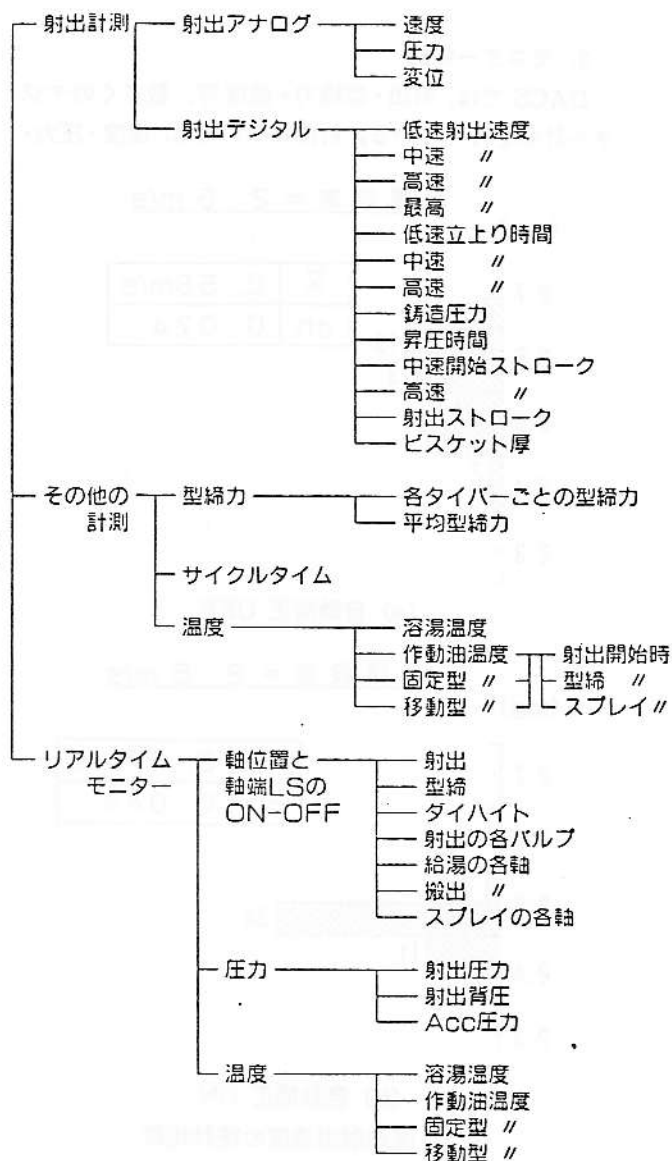


図11

である。

診断項目の中には、安全に大きく寄与する項目が多くあり、最も代表的な例として、(図13)型締動作

..... イジョウ

マシンNo. ○○-○○
 ニチジ 1985.11.29 4:35
 エラーコード 1-29

..... イジョウ / ナイヨウ

チップ
 ジュンカツ |
 フソク

..... チェック ポイント

1:ジュンカツ / レベル
 2:PC-1 X140チェッカー
 3:センサー / サドウカクニン |

図12 異常表示の例

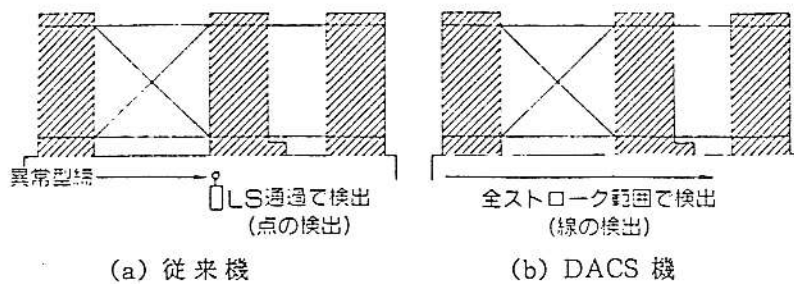


図13 異常型縮の検出方法の違い

の異常検出が挙げられる。従来機の場合、LS 入力
の組み合わせで、異常型縮の検知を行っている。この場
合、あるポイントでしか検知はできない。これに対し
て、DACs では、どの位置でも1 mm 以上の異常型
縮動作があれば、ポンプを停止させている。

6. 稼動記録集計機能

DACS ではコンピューターの最も得意とする集
計機能を活用し、段替ごとや直ごとの生産情報を提
供したり、金型の累計ショット数による保全周期を算
出したりする機能がある。

また、パソコンと接続して生産管理情
報を出すことも可能である。

コンピューター制御ダイカストシステムの展望

ダイカストマシンの制御は定数制御か
ら最適制御へと高度化され、その制御対
象も溶湯温度、金型温度、射出条件・型
縮条件・周辺自動機の各条件などの各パ
ラメーターへと広がっている。

しかし完全無人化するためには、画像解析等による
金型監視、スプレーによる金型表面状態の均一化、金型
内のエアと溶湯の置換方法、金型内メタル圧の計測制
御など金型を主体にした問題解決がきめてとなる。

ここ数年の間にコンピューターを使った金型の湯道形
状や温度解析が進められており、これらの技術が実用
化されるとコンピューター制御ダイカストマシンの普及
も急速に進むものと思われる。

また、ダイカスト工場全体のFA化、FMS化にはこうし
たコンピューターによる計測制御が不可欠と思われる。

外国特許抄録

発明の名称 天井バーナー系をもつ溶解炉における
銅の溶解法

米国特許 4,444,586

発明者 John S. Bienus (外3名)

権利者 AMAX Inc. (米)

この発明は、一端にバーナーをもつ反射炉におい
て、金属銅を複数のユニットの形で炉床に沿って装
荷する銅溶解法に関する。

この改良法では、炉の天井に少くとも2本の下向
きの酸素ランスを追加して使用し、その火炎が直下
に位置する金属銅装荷物を直撃するようにして溶解
を行う。これにより、装入から溶解・処理・鋳込み
までの時間が大幅に短縮され、その結果燃料消費量
の減少、生産性の増大、炉寿命の延長などの改善が
得られる。

反射炉の断面を示した Fig. 1 によりこの発明の改
良法を説明すると、反射炉の一端20には図示されて
いないバーナーが装着されており、他端にはガスを排
出するための煙突20Aが取り付けられている。三本
の下向き酸素ランス22A~22Cが、天井の離れた位
置に装着されている。側壁のドア23A~23Dから
装入された金属銅装荷物のユニット24A~24D

を、酸素ランスからの火炎が直撃する。三本のラン
スは、その全部を使用する必要はない。

実施例

幅約15 ft、長さ約50 ft、容量約430 t の銅溶解
反射炉で430 t の銅を溶解する場合、通常の操作で
は1操業サイクルに33.5 h を要して、生産速度は
12.8 t/h、燃料消費量は約35 gal/t であった。これに
対して3本の酸素ランスを追加した場合は1操業サ
イクルが23.5 h で、生産速度は18.3 t/h、燃料消費
量は約23 gal/t (酸素ランスに使用した燃料油相当
量を含む) であったので、所要時間は29.8%減少し、
生産性は43%増大し、燃料消費量は34%減少した。
(全4頁 全5図 5クレーム)

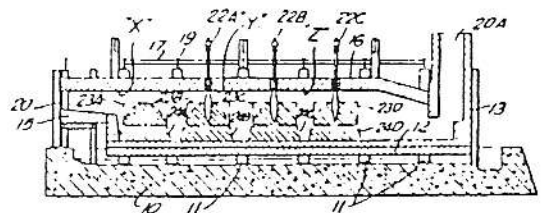


FIG.1

(米国特許抄録 Vol. 24, No. 8)