

「ダイカスト製品の品質管理における射出計測・制御の必要性」

The necessity of shot monitoring/control in the quality control of diecastings

出筆者 東芝機械成形機エンジニアリング(株)

岩本典裕 (Iwamoto.Norihiro)

1、はじめに ダイカスト鑄造製造部門の要求や目的は他の製造部門と同様に

- ①生産性の向上及びコストダウン
- ②品質の向上(良品の安定生産)
- ③納期達成と在庫の削減
- ④安全性とモラルの向上 などが上げられる。

一方、ダイカスト鑄造製造部門が他の製造部門と最も異なり難易度が高い点は上記②の管理方法だといえる。

即ち、ダイカスト鑄造は品質の大半が射出の僅か0.1秒で決まる事

また、溶湯金属が高温(700℃以下)で、これが金型に付着させないように離型剤を使用しており環境が著しく悪い事、金型メンテやスプレー作業など様々なファクターがあり経験が重んじられている事などがある。

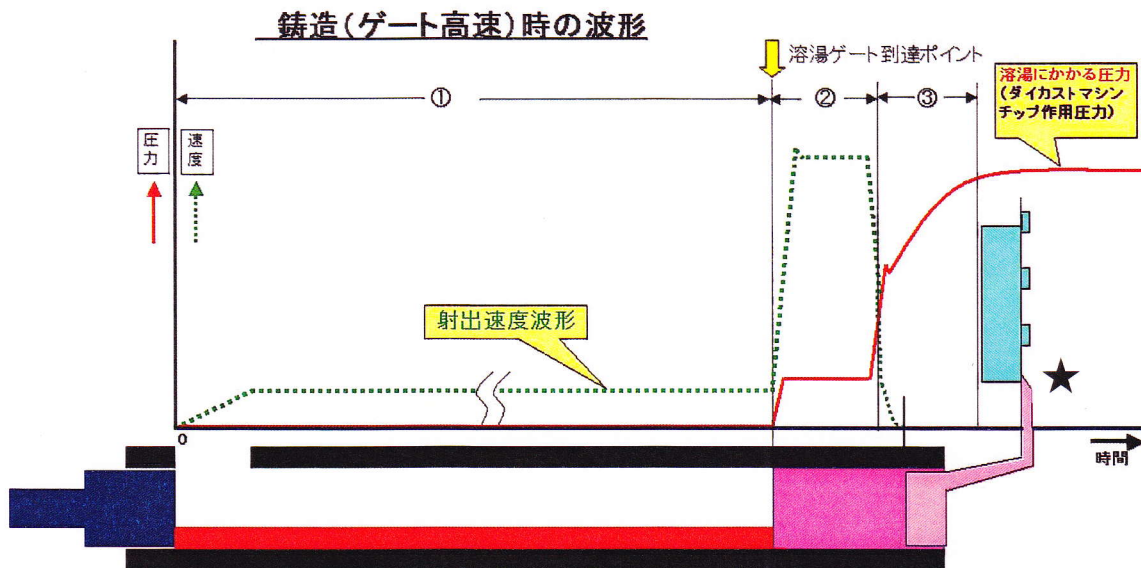
従来ダイカスト鑄造は勘と経験の作業(見えない管理)とされてきたが、近年ダイカスト製品の要求品質は高く、安定したものを望まれており、VM(Visual Management)として鑄造工程(特に射出)の実測値を目で見る管理の要求が高まっており、これについて記述する。

2、ダイカスト最重要時間

言うまでも無くダイカスト工程で製品(良品)を作っている行程は射出である。

一般にこの行程はそれぞれの目的別に3つ分類される。

行程	用途と目的
①低速	注湯された溶湯をスリーブ満杯になるまで前進させる
②高速	金型内に一気に溶湯を充填させる(型内瓦斯と溶湯との置換)
③昇圧	充填された溶湯にバリが出ない範囲で高圧で加圧をする



(図 1) 射出波形とプランジャ位置の概念図

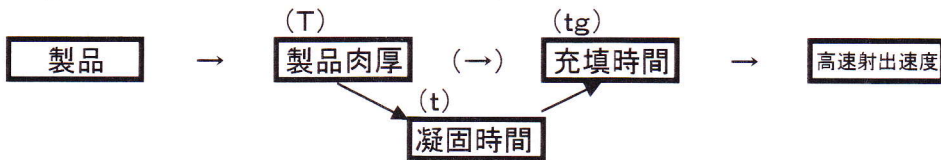
(図1)のグラフは横軸が時間表現であるが判り易くプランジャ位置に置き換えた概念図である
 射出行程は注湯口から注湯された溶湯(赤)が①の低速で前進し、スリーブ充填100%に
 さしかかる、この時は溶湯の先端は★印で製品に入っていない

溶湯がゲートに達した時高速に切り替わり一気に金型を充填させる②、そして充填満杯の
 抵抗で速度が降下するとともに増圧機構が作用し③の昇圧行程へと移行する。

即ち、ダイカストの最重要射出行程は②+③であり、この時間が約0.1秒である

3. 充填時間と昇圧時間

各々のダイカスト製品は全て鑄造条件が異なるといっても過言ではない。
その理由は、各金型は製品肉厚が異なり、それに伴って充填時間も異なるからである。
一般に



- 1) 製品の肉厚の2乗に比例する
- 凝固時間は 2) 溶湯の温度と金型表面温度差に反比例する
- 3) 溶湯の温度は高いほうが長い

凝固時間(t)は種々の実験式や理論式から次のような簡易式で求める

650°Cの溶湯を260°Cの金型に充填させる時

$$t = (0.01 \sim 0.02) \times T^2 \quad (\text{秒})$$

充填時間(tg)は凝固時間の半分(固まる前に充填させる必要性)となり

$$t = (0.005 \sim 0.01) \times T^2 \quad (\text{秒})$$

一例として 製品肉厚2.5mmの充填時間は $0.01 \times 2.5^2 = 0.06$ 秒となる

また、昇圧時間は金型精度やエアイベントにもよるがバリが出ない範囲で最短が望ましく
一般的にはほぼ充填時間と近似する

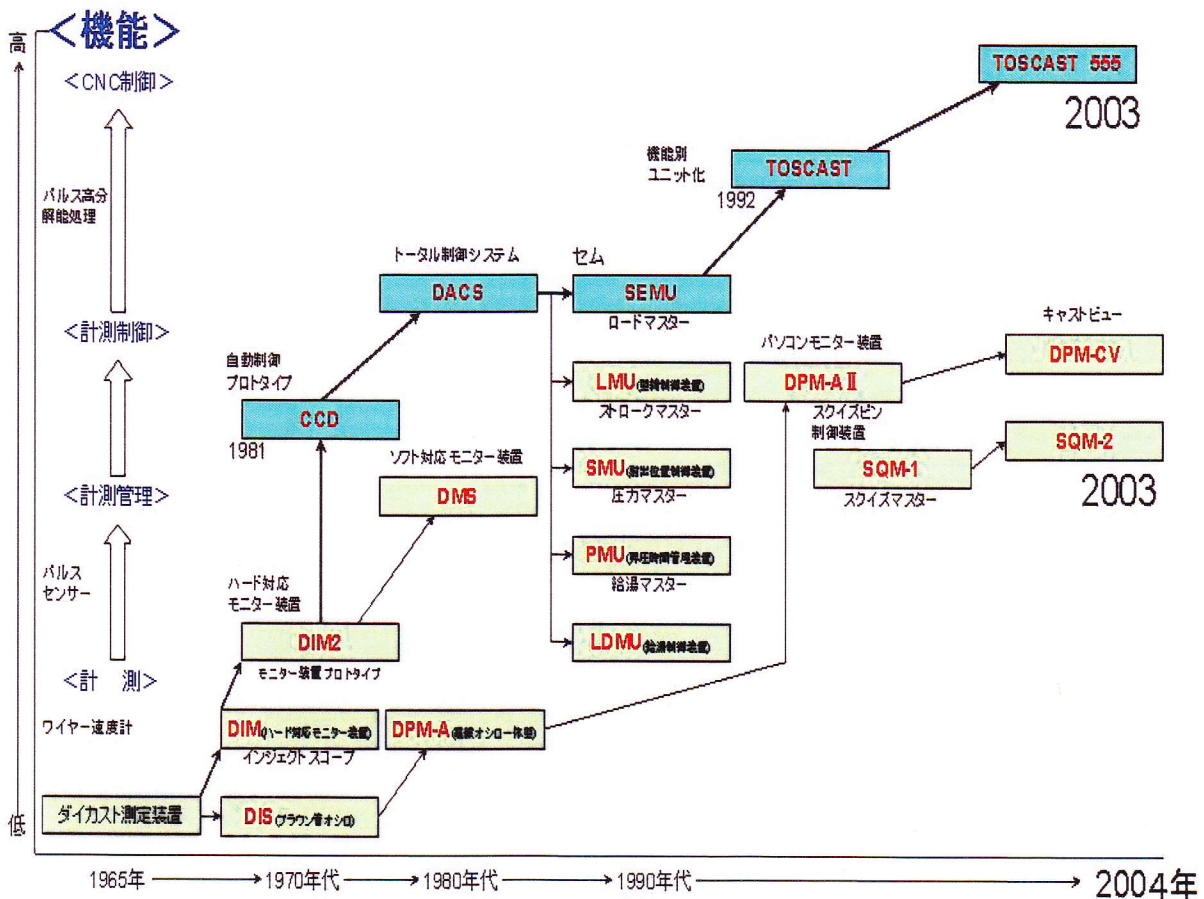
先のダイカスト最重要時間は ②+③=0.06+0.06=0.12 (秒)となり

充填開始から昇圧完了までの約0.1秒が品質の大きな管理時間だと言う事になる。

ダイカスト生産ではワンサイクル30秒だとしてもこの中の0.1秒が最重要となるが、その準備行程である、スプレーや金型温度管理など様々な工程管理も重要な事は当然である。

4. 計測及び制御装置の経緯

0.1秒以内の挙動を正確に計測する必要があるため、当社では1965年より商品化を開始した。



(図 2) 計測・制御装置の開発経過

<開発時期>

5. センサーの変遷

ダイカストは衝撃や高温下での安定・高精度計測が要求されるため、当社では全てのセンサーは自社またはメーカーとの共同開発をしOEM供給したものを使用している。

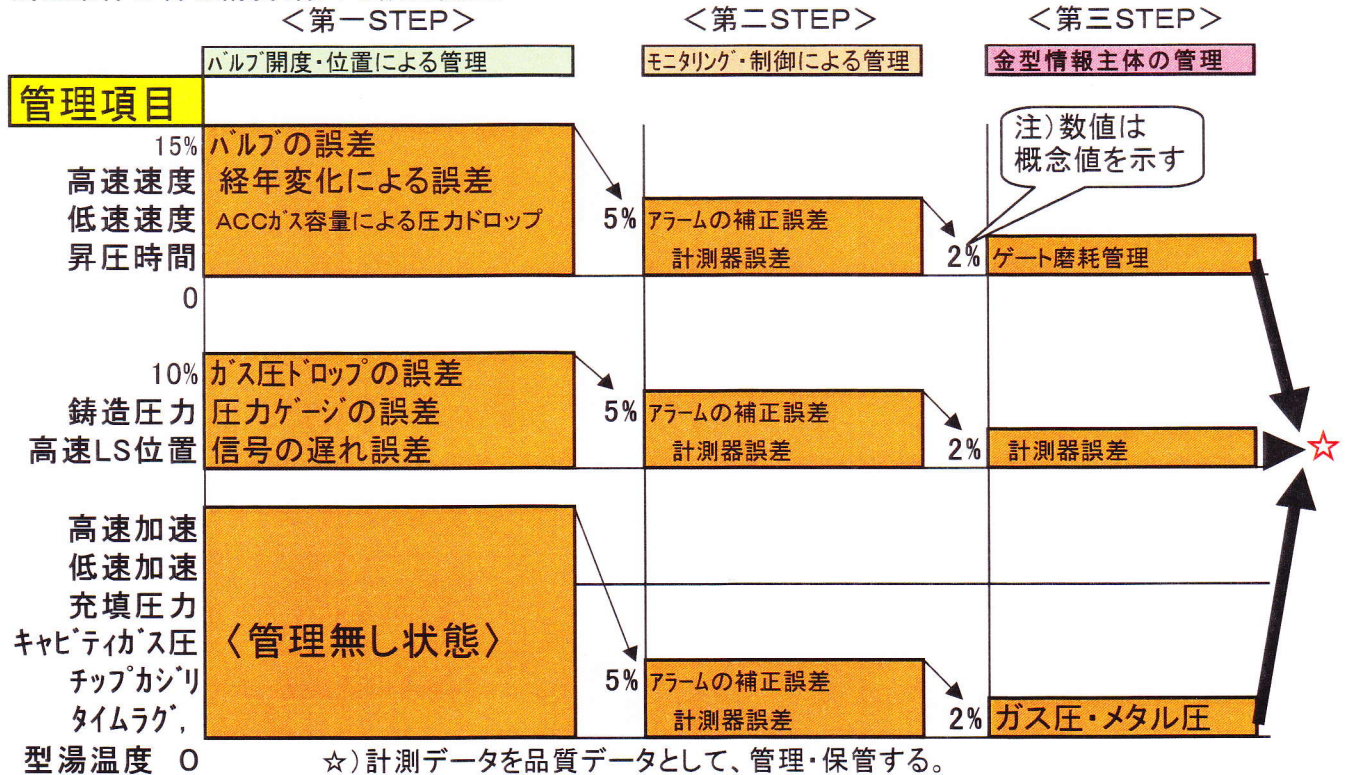
射出センサーの変遷を示す。

世代	第一世代	第二世代	第三世代
方式	ワイヤー速度方式	ガイドバー方式	ダイレクト検知方式
信号	起電力による電圧出力	2相誘導信号によるレゾルバ	2相磁気抵抗素子
分解能	±2mm	12.8mm/1000分割	2mm/32分割
特長	連続使用は不向き	アームの撓み、停止時の振動有	ロッドに溝加工を要す

(図 3) 射出センサーの変遷

第3世代のセンサーは加速、減速の正確な時間情報を出せるだけでなく、リアルタイムショット制御に対応できる高分解能の位置情報を提供できるものを使用している。

6. 鑄造条件の管理精度(様々な誤差要因)



(図 4) 管理項目と誤差

<第一STEP>

見掛け上の数値管理

バルブ開度やLS位置はアキュムレータ圧力や充填抵抗で変化、変動する

<第二STEP>

実測値による制御/管理

計測結果が限界値から外れたら外部へ警報を出し、許容値内に次ショット以降補正する

<第三STEP>

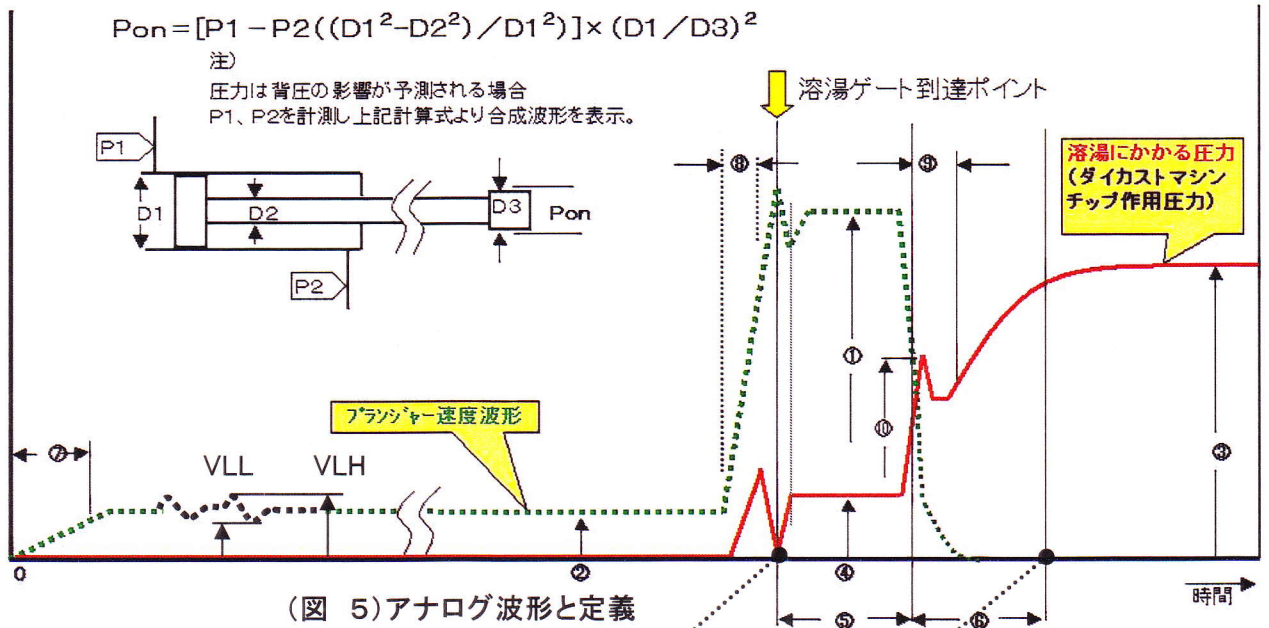
金型情報を取込んだ管理

射出系だけでなく金型データを取込んだ計測値を学習またはリアルタイムに制御する

7. アナログからデジタル管理へ

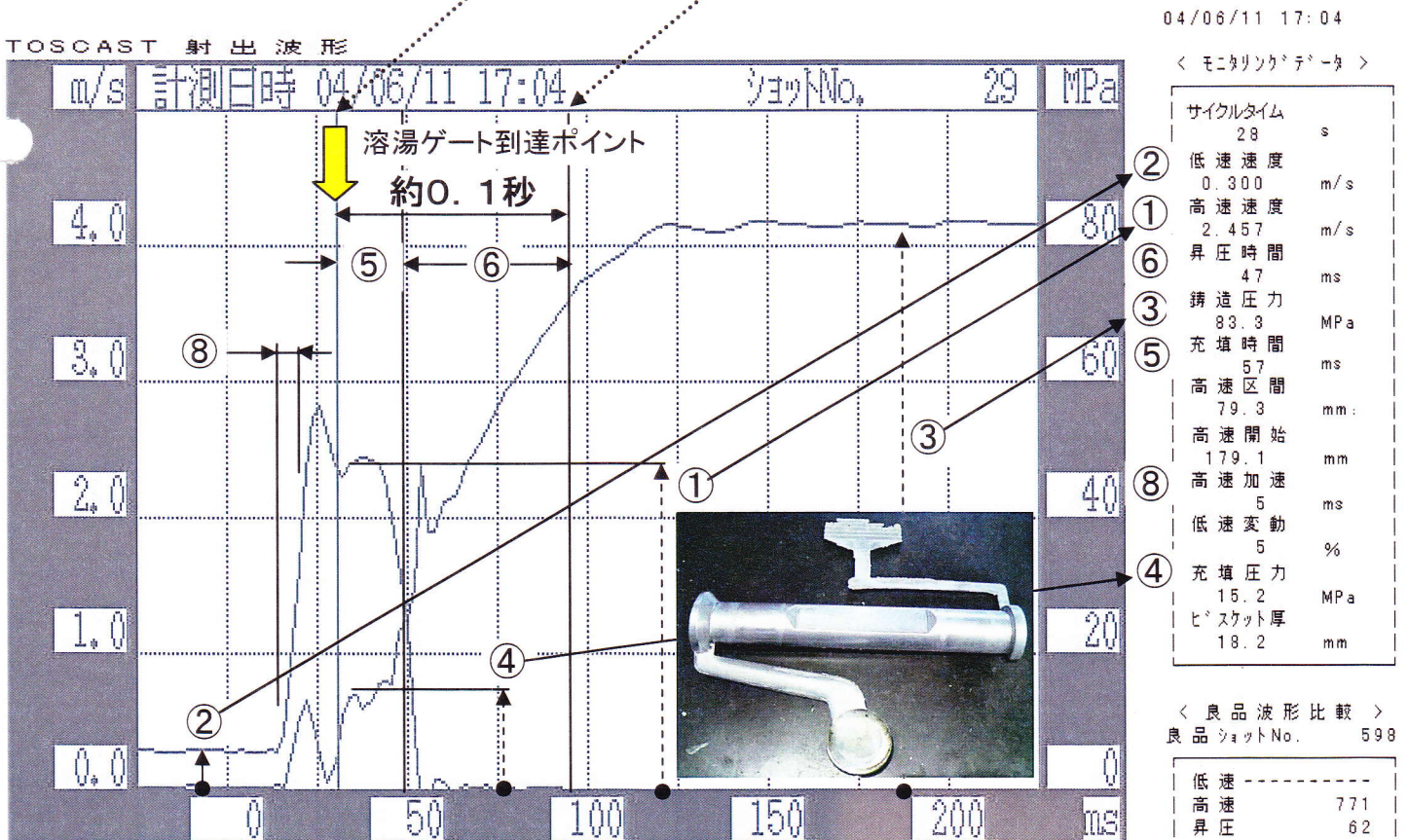
アナログ波形をデジタル化させる定義はダイカストマシンメーカー各社 様々なのが現状である。
 当社は1953年以来ダイカストマシンを生産し累計10,000台を超えているが、1990年以降の
 ダイカストマシンは計測制御装置付きの要望が多くマシン搭載で出荷されている比率が高い。

鑄造(ゲート手前高速)時の波形



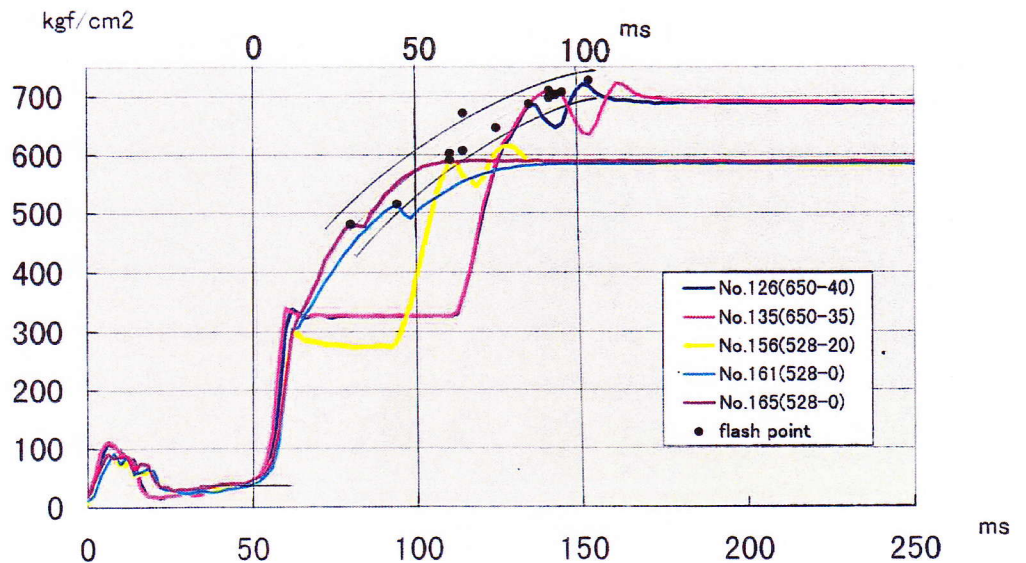
①	高速射出速度	溶湯のキャビティ充填中の速度	<定義: 高速区間を4等分し中央の2つの区間平均速
②	低速射出速度	低速区間中の速度	
③	鑄造圧力	溶湯が充填し昇圧時間完了後の圧力	
④	溶湯充填圧力	溶湯がゲートを通過するときの溶湯にかかる圧力	
⑤	充填時間	キャビティおよびオーバーフローに溶湯を充填する時間	
⑥	昇圧時間	充填完了してから鑄造圧力の90%に達するまでの時間	
⑦	低速加速時間	射出スタートして低速速度の90%に達するまでの時間	
⑧	高速開始時間	高速開始して高速速度の90%に達するまでの時間	
⑨	昇圧タイムラグ	溶湯のキャビティ充填して増圧が開始するまでの遅れ時間	(機械的要因、金型の要因)
⑩	充填サージ圧力	充填完了時に発生するサージ圧力	

8. 実測例



9. 計測による効果

- ①ダイカスト鑄造においてゲートバランス(ゲート比=チップ断面積/ゲート断面積)を確認する事は品質管理をする上で重要である。(動的な現象確認が大切)
→高速区間中の充填抵抗を計測する事によって、射出速度に対するゲート断面積が最適かどうかまた、経年的なゲートの磨耗も確認する事が可能となる。
(図6)中の④
- ②高速切替位置が適正化どうかの判断も出来る。(LS位置では各種遅れ時間の影響を受ける)
→充填抵抗が連続的に上がったポイントが溶湯がゲートに達した位置である。
(図6)中の「溶湯ゲート到達ポイント」
- ③低速中のチップのビビりは破断凝固片を析出させ品質に悪影響をもたらすとされている。
→低速区間中の速度変動率(K)を管理する事によってチップ、スリーブの健全性が判断できる
(図5)中の④ $k = (VLH - VLL) / VL \times 100$ (%)
- ④従来 高速バルブ開度→実高速速度を計測した来たが→充填時間を計測・管理する事によりキャビティー内の凝固時間の管理も可能となる。
(図6)中の⑥
- ⑤充填完了後の昇圧時間を計測管理する事によりバリやフラッシュの発生を防止する事が出来る
(図7)は同じ金型で昇圧時間や圧力を変化させフラッシュが発生したポイントを重ね合わせた図である。ダイカストの内部品質を上げるためには、このフラッシュポイントに接しない範囲で出来る限り接近させ昇圧させる事が望ましい。



(図 7)実鑄造中のフラッシュポイント(重ね合わせデータ)

10. まとめ

- ①ダイカスト鑄造において溶湯が金型に入り出して昇圧が完了するまでの僅か約0.1秒の管理が品質を決める上で最も重要な時間である。この時間内での様々な挙動を計測定義を基にデジタル化し管理することが重要となる。
- ②ダイカスト金型は千差万別あり、良品条件も同様である、そして管理上最も難しいのは、各管理項目の良品域の上下限值を見極める事である。
この上下限の管理は顧客の要求する品質を維持するだけでなく、さらに高い品質を実現のため目標管理値になる。
- ③射出計測をする事により金型の情報(ゲート抵抗や劣化等)を知る事が出来る。
また、射出速度波形を基準に圧力やキャビティー内ガス圧、各種温度などを管理すると有効である。
- ⑤ダイカスト鑄造製造部門の現場において異常、無駄、問題点がひと目でわかるようなVM (Visual Management)の道具立てとして、射出計測・制御により予防的管理を徹底する事が今後、必要性を増すであろう。

<参考文献>

工場管理<目で見える管理 大事典>

ダイカストの計測管理による鑄造欠陥の防止

五十嵐 瞭 他

岩本典裕

日刊工業新聞社

(社)日本鑄物協会