

ダイカスト品質の理論検証へ

算出ツールソフト発売

二次充填、ガス圧など5種類

ダイレ
クト21

品質管理の裏付けに活用

部品共通化やメガリコー

ル防止に向けた品質保証の
厳格化、さらに素材転換と
いった素形材競争が激化す
るなか「理論検証」といつ
た裏付けがサプライヤーに
最も求められる。

これを受けダイレクト21
(神奈川県相模原市、岩本
典裕社長、TEL042・
705・2431)はダイ
カスト品質の理論検証を目
的にダイカスト算出ツール
(エクセル)のパッケージ
ソフト5種類を1月から発

売開始する。

二次充填も計算できる充
填時間算出ツール、低速中
のガス圧や高速中の背圧、
さらに局部加圧などの算出
ツールソフトで、販売価格
は5万8千円。

同社はダイカストの品質
には金型内の情報が不可欠
との考えから、「ガス圧検
出センサー(金属フィルタ
ー)メタル圧力センサー」
「溶湯温度や位置センサ
ー」等を開発してきた。今
回開発したのはこれらの結

果に対する各種算出ツール
で、パッケージには使用上
不明な点を問い合わせる、
「問い合わせシート」と専
用アドレスが記載されてい
る。

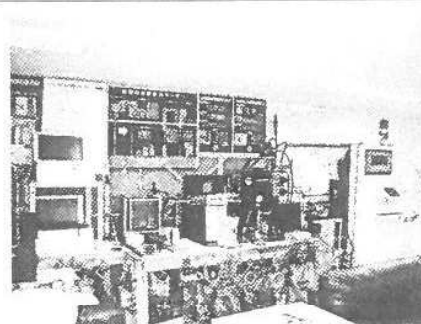
従来の充填時間算出ツ
ルはP-Q2線図を活用
し、同社ホームページで無
償ダウンロードが可能で、
多くのユーザに利用されて
きた。今回さらにオーバ
フローや真空ランナーなど
が作り出す二次充填を算出
する算出ツールを新たに開

発した。用途として①鑄造
支援(共用化・レベルアッ
プ)、②社員教育、③鑄造コ
ンサル。

同社は品質管理上、「充
填時間II製品充填時間十二
次充填時間」とした場合、
「別個に管理することが重

要であることがわかってき
た(同社)と分析する。

なお、同社はダイカスト
によるアルミコールドチャ
ンバー製品のJIS強度認
定化を現状のプロセスを大
幅に変更しない方法で達成
する「スパーダイカスト



同社のトレーニングセンター
は検証用の装置類が所狭しと
設置されている

法」の確立を目
指している。岩
本社長は元東芝
機械の初代テク
ニカルセンタ
ー長。東芝時代は
超高速機ほか多
くの装置開発責
任者としての携
わった。

ダイカストの欠陥・不良を考える(71)

日本ダイカスト協会 技術部長・工博 西直美

7.1 設計段階から始まる欠陥・不良対策

設計段階で十分に検討しておくものにP-Q²線図がある。P-Q²線図のPは圧力(Pressure)で流動時の溶湯圧力(溶湯動圧)を表す。また、Qは流量(Flow rate)で、充填中の単位時間当たりの溶湯流量を表す。

図7.6にP-Q²線図の例を示す。縦軸(以後P軸と呼ぶ)にPを、横軸(以後Q²軸と呼ぶ)にQの2乗をとり、その中にマシンラインとダイラインが記入されたものである。P軸は射出プランジャーチップ前面に作用する圧力で、Q²軸は射出プランジャーが単位時間あたりに運べる溶湯量(流量)を示す。図7.6の黒実線はマシンラインで、ダイカストマシンが有する最大出力時の射出性能を示す。P軸の切片は、

図7.7(a)に示すように射出プランジャー内が密閉された状態、つまりゲートが全くなく溶湯がキャピティに流入しない場合で、ダイカストマシンの最大圧力(増圧時の圧力ではなく充填時の圧力であることを注意)を示し、ダイカストマシンの仕様書に記載されている。また、Q²軸の切片は図7.7(b)に示すように射出プランジャー前面に全く抵抗(圧力)がない場合で、射出プランジャーが出せる最高速度での最大溶湯流量を示す。

マシンラインは、ベルヌーイの定理から式(7.2)で求めることができる。詳細は参考文献1)を参照のこと。

$$P_m = P_0 - P_0 \left(\frac{Q^2}{Q_0^2} \right) \quad (7.2)$$

ここで、P_m:溶湯動圧(MPa)、P₀:最大圧力(MPa)、Q:流量(cm³/s)、Q₀:最大溶湯流量(cm³/s)である。

鑄造する製品によりアキュムレーター圧力、チップ径、射出速度を調整するためマシンラインは図7.6の点線で示すよ

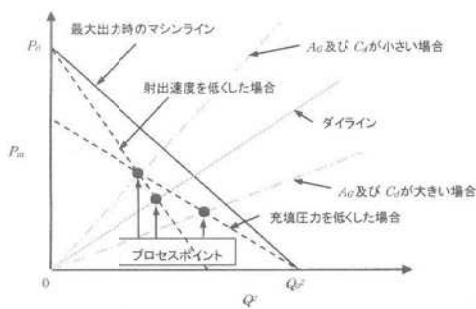


図7.6 P-Q²線図の例

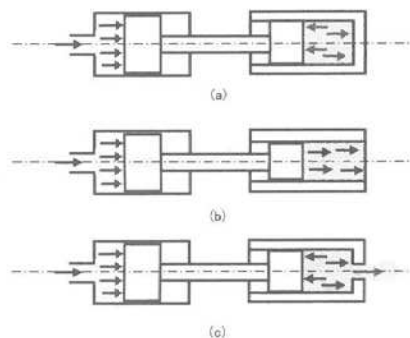


図7.7 射出シリンダーの圧力と射出スリーブ内の圧力の関係

うに最大出力ラインからずれることになる。図7.6の灰色実線はダイラインで、金型のゲート断面積によって決まる線である。ダイカスト金型には図7.7(c)に示すようにゲート(オリフィス)が設けられ、そこから溶湯がキャピティに流入する。その時の圧力と流量の関係を示すのがダイラインである。ダイラインは、ベルヌーイの定理から式(7.3)で求められる。

$$P_m = \frac{\rho}{2} \times \left(\frac{v_g}{C_d} \right)^2 \quad (7.3)$$

ここで、P_m:溶湯動圧(MPa)、ρ:溶湯の密度(g/cm³)、v_g:ゲート速度(cm/s)、流量係数:C_dである。ゲート速度v_gは、式(7.4)で示されることから、式(7.4)を式(7.3)に代入し

充填不良の発生防止へ 設計段階 P-Q²線図を十分検討

て、式(7.4)が得られる。

$$v_g = \frac{Q}{A_g} \quad (7.3)$$

ここで、Q:ゲートにおける溶湯流量(cm³/s)、A_g:ゲート断面積(cm²)

$$P_m = \frac{\rho}{2} \left(\frac{Q}{C_d A_g} \right)^2 \quad (7.4)$$

流量係数は、ゲートでの抵抗による流量損失を示すもので、アルミニウム合金及びマグネシウム合金のゴールドチャンパーでは0.45~0.5、亜鉛合金のホットチャンパーでは0.55~0.65が推奨されている。

したがって、ダイラインの溶湯動圧P_mは、流量Qの2乗に比例し、ゲート断面積A_gの2乗に反比例する。ダイラインは、ゲート断面積A_gと流量係数C_dが決まれば、P-Q²線図上において原点を通る直線で示される。また、ダイラインは、一点鎖線で示すようにゲート断面積A_g及び流量係数C_dの大小によってその傾きが変わる。

マシンラインとダイラインの交点が鑄造時の溶湯動圧と流量を示す。この交点をプロセスポイントと呼び、この交点が適切操作条件範囲内(これをプロセスウィンドウと呼ぶ)になるように充填圧力、チップ径、ゲート断面積を最適化する。プロセスウィンドウは、図7.8に示すように充填時間によって決まる線A-A'、ゲート速度の最小値で決まる線B-B'と最大値で決まる線C-C'及びマシンラインで囲まれた斜線の領域がプロセスウィンドウである。プロセスポイントがこのプロセスウィンドウ内であれば、ダイカストが可能であることを示す範囲の領域である。

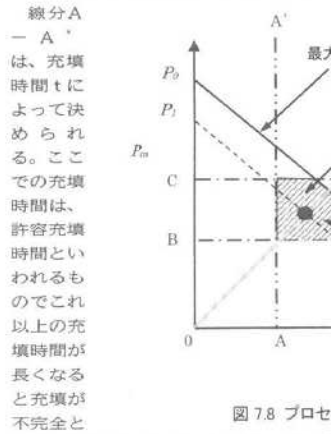


図7.8 プロセスウィンドウの例

したがって、プロセスポイントが線分A-A'より左にある場合は充填できない。充填時間は、式(7.5)に示すF.C.Bennettの式²⁾や式(7.6)に示すNADCA(North American Die Casting Association:北米ダイカスト協会)の提案式³⁾がある。詳細は参考文献1)を参照のこと。

$$t = \frac{0.7 \rho x_h^2 \{q_u + c(T_m - T_i)\}}{k(T_m - T_d)} \quad (7.5)$$

ここで、t:充填時間(s)、k:溶湯の熱伝導率(W/(m・°C))、q_u:溶融潜熱(J/g)、c:比熱(J/(g・°C))、ρ:溶湯密度(g/cm³)、T_m:溶湯温度(°C)、T_i:固相線温度(°C)、T_d:金型温度(°C)、x_h:肉厚の1/2(mm)。

$$t = K \left(\frac{T_i - T_f + SZ}{T_f - T_d} \right) x \quad (7.6)$$

ここで、t:充填時間(s)、K:定数(s/mm)、T_i:ゲートでの溶湯温度(°C)、T_f:溶湯の最低流動温度(°C)、T_d:溶湯がキャピティ流入する直前の金型表面温度(°C)、S:流動限界面相率(%), Z:単位変換係数(°C/%)、x:製品の平均肉厚(mm)。

その他、G.Ulmer⁴⁾やG.Lieby⁵⁾は式(7.7)、式(7.8)のような充填時間の簡便な計算式を提案している。ここでxは肉厚(mm)である。

$$t = 0.033x^2 \quad (7.7)$$

$$t = 0.017x^2 \quad (7.8)$$

A-A'は、式(7.9)で求められる。オーバーフローを含めた金型キャピティ充填体積Vは、を充填時間tで除した値が流量Qになる。

$$Q = \frac{V}{t} \quad (7.9)$$

線分B-B'及びC-C'は、ゲート速度v_gによって決まる。式(7.3)にゲート速度を代入すると溶湯動圧P_mは一定になるので、Q²軸に平行となる。ゲート速度は、充填長さと製品肉厚によって決める。ゲート速度の最低値は、図7.9に示すように充填長さが長いほど、製品肉厚が薄いほど速く設定する。最大値に関しては速度が大きいほどミクロ組織、

機械的性質が良好となるが、ガス含有量が増加したり、焼付き・溶損が発生したりするなどの金型損傷の原因になるため、ある程度の速度に抑える必要がある。一般的には60m/s以下が良いとされる。

一般的にダイカストではマシンの最大出力で使用するのではなく、射出バルブを絞ったり、アキュムレーター圧力を下げたり、プランジャー径を変えて射出条件を調整する。その調整に伴って実際のマシンラインは、破線で示したように最大出力マシンラインから移動することになる。

その移動範囲はプロセスポイントがプロセスウィンドウ内にあることが条件である。理想的にはプロセスポイントはウィンドウの中心に位置することが望ましい。これにより、多少の鑄造条件の変動があつたとしても、プロセスポイントがウィンドウからはずれないことを防止できるからである。

また、ダイラインも同様でゲート断面積及びゲート厚さ(流量係数に影響)を変えることで傾きを変化させてプロセスウィンドウ内にプロセスポイントが入るように調整する。

以上の検討を設計段階で十分に行い、充填不良が発生しないように適切な条件を設定することが大切である。

【参考文献】

- 1) 西直美:「ダイカストを考える」,ダイカスト新聞社,(2010),151.
- 2) F.C.Bennett:Trans.4th National Die Casting Congress, Paper No.503(1966).
- 3) William Walkington:"SEVEN STEPS TO QUALITY GATING DESIGN",NADCA(2001).
- 4) G.Ulmer:Trans.6th International Die Casting Congress(1969),Paper No.9.
- 5) G.Lieby:Giesserei,58(1971)182.

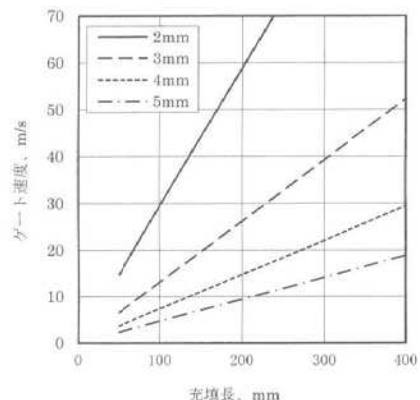


図7.9 肉厚、流動長とゲート速度の関係