

## 進化するダイキャストへの指針

### 装置間相互作用の重要性

## Better Interaction、Key to better Die Casting

ポール・ロビンス Paul Robbins\*

### ダイキャスト鑄造の瞬間

プランジャーは最小量の潤滑剤でなめらかに動き、一定量の溶湯が円筒形のスリーブを通して金型内に射出され、そしてほとんど瞬間的に凝固する。その瞬間に、液相の合金は固相の鑄物に変換される。ダイキャストの付加価値の大部分は、このとき生み出される。ここが鑄造プロセスの核心であり、まさに「鑄造の瞬間」と呼ばれている。

昔、生産性の増大を追求しようとする、改善のための最大の可能性を持っているダイキャスト・プロセス構成要素は金型そのものであった。しかし、近年この優先性がかなり変化してきたことを、すべてのダイキャスター（ダイキャストメーカー）が理解しているわけではない。金型内のメタルの理想的な流れを予測する3Dコンピューター・モデリング、および過度とも思われる緻密な許容度をもつ大型かつ複雑な鑄物を常に製造できる金型の製作可能な超精密多軸CNCマシンを採用しているダイキャスターは、その金型は必要十分な金型であると確信している。それゆえ、改善のための最善の機会、今や常に金型へ溶湯を供給する時である。鑄造の瞬間すなわち射出時の種々の力を解析することにより、現在のダイキャスターは、最大の生産性を達成するためには、プランジャーとスリーブは密接に対応して作動しなければならないことにすぐ気が付くであろう。なぜなら、それらの機能は分離できないように組み合わさっているからである。

### 決定的な相互作用

プランジャー・チップとショット・スリーブ間のギャップが許容量を越えると危険なことは、ダイキャスターの間では常識であった。プランジャー・チップとスリーブに関する技術は、かなり改善されてきた。しかし、そのギャップのパラメーターは変わらないままである。チップとスリーブ間の相互作用は、ダイキャスト・プロセスに於いては、もっとも重大である。しかしながら、その両部品が同等レベルの効率で作動するならば、その相互作用はもっとも効果的であるはずである。

また、プランジャーとスリーブ間のシールが常に無傷に保たれるならば、効果的に真空が達成されるはずである。もし、シールが壊れていれば、効果的な真空は明らかに不可能である。チャレンジすべきことは、最小量の潤滑剤を使用しながら相互干渉なく最小のギャップ保持することである。

---

\* Castool Tooling Systems, General Manager, Toronto Canada

### プランジャー・チップとスリーブ間ギャップの保持

1 インチの 4000 分の 1 (6.35 ミクロン) が鋳造中のチップとスリーブ間の最大許容ギャップである。ショット中にそのギャップがこの許容ギャップ値を越えると、溶湯はその隙間に侵入し、バリないし吹き出しを発生させる。これがプランジャーとスリーブ間の過度な摩耗の原因となる。

それ故、鋳造サイクルの間 1/4000 インチ以下のギャップを保持することは不可欠であり、そのギャップが 1/4000 インチより大きくなると、干渉の危険とかショット速度のムラの恐れがでてくる。そしてスクラップ発生の原因となる。問題は金属が加熱され膨張することである。プランジャー・チップとショット・スリーブの温度コントロールの重要性は、150mm 径の銅製チップの温度が 95°C 上昇するだけでその径は 0.28mm 以上増加する事実からも示されている。ショット・スリーブはだんだん大きくなるが、スリーブのそのサイズに拘わらず、限界最大ギャップ 4000/1 インチは、残念ながら不変のままである。

### プランジャー・チップ温度のコントロール

プランジャー・チップはもともと鋼製であった。鋼製チップは、第一にその耐久性と経済性のためにまだ使われている。もちろん、鋼製チップはショット・スリーブと同じ熱膨張係数を有している。しかしながら、プランジャー・チップはスリーブよりも高温に曝されているので、鋼製チップの膨張を正確にコントロールするのは難しい。従来のプランジャー・チップを発展させる次のステップが、ベリリウム銅製チップを採用することであった。その熱膨張係数は、鋼よりも 50% も大きい。このことによりチップの膨張をより柔軟にコントロールできるようになった。熱的、すなわち寸法的安定性を、全ストロークの全長さに渡ってチップの維持ができるようになった。

一般にダイキャスターはプランジャーを水冷する。プランジャー・チップの過度の膨張そして摩耗は、ほとんど不十分な冷却が原因である。水流速度は簡単に計測できるし、そして常に監視されるべきである。水流を適切に保持することはプランジャー・チップの膨張をコントロールするのに不可欠である。いくつかの占有権を有する冷却強化プランジャー・チップがある。それらは、従来品よりも冷却水をより効果的に利用している。

### プランジャー・チップの進化

Fig.1 に示されたプランジャー・チップは、何年か前にスイスのアルパー社によって開発されたものである。それは何年にも渡って、市場の要求に呼応して進歩してきた。しかも、ダイキャスターが、最小のコストでその機能を最大に効率よく実行できるという元々の要求に、妥協することなく進歩してきた。

プランジャー・チップの本体は、高熱膨張係数のベリリウム銅製である。従来のプランジャー・チップは、空洞のプランジャー・ロッドに直接ねじ込まれている。しかし、ARP では銅製のチップが着脱簡単なバイヨネット方式でしっかりと固定されている。鋼製ホル

ダーの前面はプランジャー・チップの内面  
前面で接触しており、ショットの全圧力  
を受けている。その内面は、よりよい熱  
交換のために非常に薄くしてある。

冷却水はステンレス製のホルダーを  
通してショット・ロッドの中心から流れ  
込む。そしてプランジャー・チップの内  
面に直接接触れ、そこの乱流により最大の  
熱移動が発生している。そして、4個の  
チャンネルを通して外部冷却リターン通  
路へ流れていく。

ベリリウム銅はプランジャーから冷却水に熱を移動させるには理想的な素材である。もちろん、ショット・スリーブほどの耐摩耗性はないが、そのチップは、それにより尺寸的に安定し、ギャップはコントロールできる。耐摩耗の問題は鋼製耐摩耗リングの開発により解決できた。この熱処理した鋼製リングはプランジャー・チップの前面近くに機械加工した溝に配置してある。それは分割しており、ショット・スリーブの内面に向かって膨張する。リングのみが摩耗し、銅本体は摩耗しない。この摩耗リングは、特別な工具により約5分で着脱できる。

ショット・スリーブの金型側端部は面取りされており、リング交換時をスリーブ内に引き込みやすくしている。リングは弾力性があり、ショット・スリーブの内面に常に接触させている。摩耗の最大原因のフラッシュは基本的には発生しない。ショット速度は一定である。膨張した摩耗リングがプランジャーとショット・スリーブ間のシールを確保しているために、高真空度を可能としている。

銅製ボディの代わりに、長寿命の鋼製摩耗リングに置き換えるだけで、消耗品のコストは激減した。また、従来型のチップでは、ボディの破損は摩耗から生じている。ARP ボディの損傷は、熱及び圧力疲労からのみ生じる。この結果 ARP の操業寿命はこのリングにより何倍も長くなった。さらなる利点は、ARP プランジャーの表面は他のプランジャー・チップのものよりかなり冷却されている。すなわち、これがピケットをより早く冷却している。それによりサイクルタイムを大幅に低減した。この事実によって圧縮性は犠牲にされてはいない。なぜなら、チップの表面はより強冷却を受ける一方、摩耗リングは比較的高温を保持しているため、ピケットの外側ではわずかに液相が少し長く残る傾向があり、普通の圧縮よりも良い状態を保持できる。

ダイキャスターはショット・スリーブの金型側端部を冷却してサイクルタイムを短縮する試みをししばしば行っている。このことは不運にもプランジャー・チップが最高温度、すなわちその最大径の時点で、スリーブを収縮させることになる。

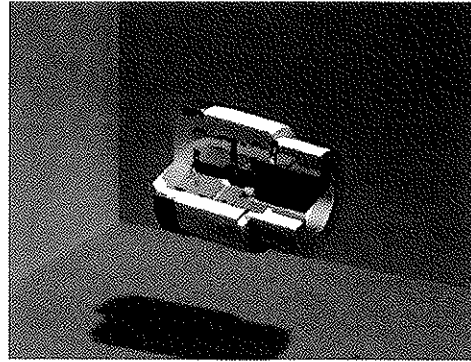


Fig.1 Dimensionally Stable ARP  
Plunger Tip

### 新高強度プランジャー・チップ

ARP プランジャー・チップは長年成功裏に使用され、それにより利益をもたらしてきた。しかしながら、アルミニウム鋳造品のマーケットは変化しつつある。鋳造品は、特に自動車分野では、より大きくより複雑で昔よりよい精度を要求されている。また、以前考えられたよりもさらに早い生産速度が要求されている。プランジャー・チップは、たまに 150mm 径よりも大きなものが使われたが、今や 200mm 径かそれ以上がまれではない。特に強度と安定性の点でプランジャー・チップに関する要求は、交換可能な摩耗リング・プランジャーよりも大きくなりつつある。すなわちアルパー高強度 AMP プランジャー・チップの開発につながった(Fig.2)。この高強度モジュラー・プランジャー・チップは、特に大型鋳造品生産用に設計された。

アルパーR&D 技術者の挑戦は、ショット・スリーブとの間に必要なギャップを一貫して保てるような安定したプランジャー・チップを開発することであったが、同時にプランジャーが金型と接触するショット・ショットの衝撃と同程度、極端な圧力にも十分耐え得る強度が必要であった。彼等の狙いは鋼の強度および経済性を優先し、可能な限り少ない銅を使用することである。

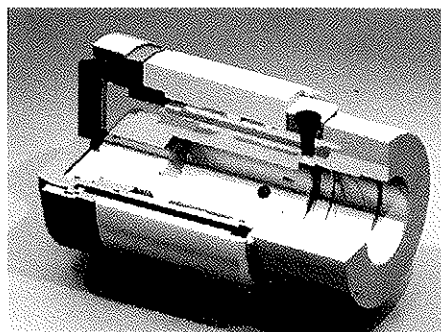


Fig.2 High Strength AMP  
Plunger Tip

AMP プランジャー・チップは、ARP 製よりも長く、交換可能な高強度鋼製ヘッドであるという特徴を持っている。ARP では、鋼製ホルダーがプランジャー・ロッドにねじ込まれている。鋼製ヘッドを有するベリリウム銅製ボディは、簡易着脱可能なバイオネット方式で連結されている。AMP に関して、かなりの期間、何度もの再設計とフィールドテストをした結果、冷媒への熱移動はより効率的になった。チップは形状的に安定し、熱コントロールにおいても、銅の高熱膨張係数への依存度は小さくなった。

サイクルタイムは減少し、消耗材のコストも減少した。摩耗リングとチップ・ボディの寿命は今や予測できるようになり、交換はスケジュール化できて時間の低減になり、生産が予期しないで中断されることはなくなった。AMP 高強度プランジャー・チップは、増加するそして変化する市場の要求に対応して、よりよい鋳造品を提供している。

### ショット・スリーブの冷却

典型的な例では、ショット・スリーブは、注湯口上面より底面において温度が 95-105°C 位高くなる。もしもスリーブ温度が上面より底面の方がさらに高くなると、不均一な伸びにより、スリーブは円形から楕円形になってしまう。このことによりスリーブは、直線からわずかに曲がってしまう。これらの条件のいずれであっても、チップとスリーブの早期

摩耗の原因となる。楕円と変形の程度が、スリーブの径及び長さに関係してくる。熱膨張の過度の不均衡を避けるために、スリーブの底面は、温度差が 38℃を越えないように冷却されるべきである。ほとんど全てのダイキャスターはプランジャーを冷却しているけれども、効果的にスリーブ温度をコントロールする挑戦は簡単ではない。

ショット・スリーブの注湯口端の温度は最高温である。明らかに冷却を最も必須とする場所である。従って、もう一つの温度コントロール法は注湯口端冷却ジャケットである。効果的かつ経済的な装置を、もつとも必要な場所、すなわちスリーブ注湯口底面に設置することである (Fig.3)。冷却ジャケットはスリーブを交換するときにも再使用する。

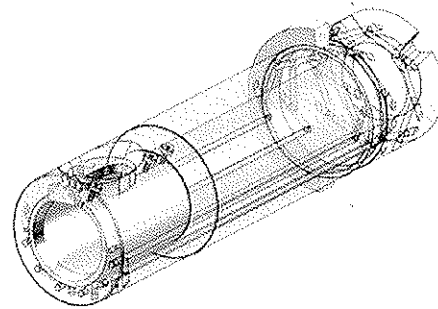


Fig.3 Thermally Controlled Shot Sleeve

コントロールされない場合は、注湯口付近のスリーブの垂直方向温度差は、プランジャーとスリーブ間のある部分のギャップに溶湯が侵入できる歪みをつくる原因となるであろう。これは早期の摩耗そしてムラのあるショット速度の原因となる。

同様に、スリーブに注入される溶湯の温度はほぼ 700℃であるが、普通のショット・スリーブ材の H-13(1.2344)焼鈍温度は、585℃である。もしもショット・スリーブが適切に冷却されなければ、幾分かその硬さを失う恐れがある。ギャップに侵入した合金による研磨作用により、摩耗が速やかに起こるのである。

### ポロシティと真空

軽金属のコールド・チャンバー・ダイキャストにおいて、合金溶湯が金型内に高圧で射出されるときに乱流および金型の複雑な形状のために、空気とか他のガスがメタルの中に閉じ込められてしまう。これが、鑄造製品のポロシティの原因となる。

鑄造製品がクロムメッキされるとか、ペイント塗装されるとか、粉末塗装されるならば、あるいは、鑄造材に極めて薄い部分があるならば、何らかの空気あるいはガス介在物のために不合格品となってしまう。ポロシティは、また製品の機械的性質に影響する。構造部材の場合は、ポロシティは応力集中起点となり、割れが発生する場所となる。さらなる問題は、鑄造材のポロシティは必ずしもすぐには明白にならないということである。後行程で発見されると、顧客の不満は相当大きなモノとなる。しかし鑄造におけるポロシティは効果的な真空システムによりほとんど完全に取り除くことができる。

### 真空ダイキャスト

射出をする前に、スリーブと金型両方を真空吸引し、射出サイクルが終わるまで保持す

れば、ほとんど全ての空気を金型から排除できる(Fig.4)。金型内の良好な真空状態では、溶湯が複雑な形状の影になった凹みにも流れ込む。また、溶湯の最前線が湯境を作ることなく自由に混じり合うことが可能になる。真空法が採用され、うまく作動していれば、品質は改善され、スクラップが減ることは保証される。

真空の最も重要なメリットは、ポロシティを排除するという点である。製品が不合格になるということはダイキャスターにとって極めて高コストとなる。例えば、不合格品を生産して失う機械稼働時間の価値は決して取り返すことができない。

真空装置を使うとダイキャスターにはいくつかのメリットがある。第一に、不合格率が低下する。第二に、プランジャーに働く必要な力を小さくできることによりほとんど全ての DCM 構成装置の寿命を延長できる。今日、最も重要なことは、ダイキャスターが、薄い、高強度なそしてより複雑形状の鋳造品を提供できることにより、急速に成長する市場に参加できるということである。

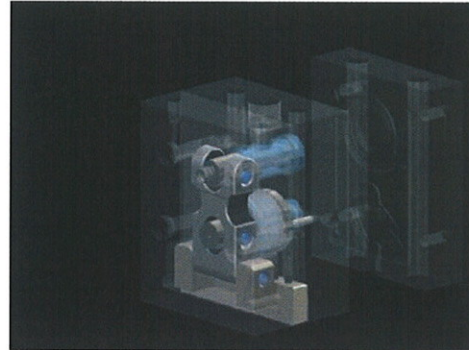


Fig.4 Contemporary Vacuum Valve

#### よりよいダイキャストのために

軽金属のダイキャスト市場は成長し続けている。鋳造材はより大きく、より複雑形状になり、そしてあらゆる面で高度化している。テクノロジーは鋳造製品市場のペースに沿ってはいるが、鋳造機械装置によってではなく、まだダイキャスター自身によって作られている。生産プロセスに対するダイキャスターの取り組み姿勢は、昔よりも今や非常に重要なものになって来ている。

よりよい鋳造のために、相互に作用している構成部品の有効性を、決して個々に考えるべきではなく、同時に考えるべきである。事実、ダイキャストは全ての部品がシステムとして作動するときのみ改善される。もっとも明確な相互作用は、プランジャーとショット・スリーブの間にある。真空は不可欠になりつつあり、効果的なプランジャーとショット・スリーブ機能が求められている。それ故この三つの構成要素は、連繋して全体のシステムを構成している。

経験上、単に繋がっている機器ではなく統合された鋳造プロセスとして常に考えることにより、生産性の増大が事実上確保できる。

(訳 渡辺 靖彦)