

射出波形による欠陥評価 / 対策



宇部興産機械(株) 岡崎芳紀

1. 緒言

ダイカストによって高品質・高精度の鋳物を大量生産できるようになったが、鋳造条件によっては「巻込巣」や「湯境」など様々な鋳造欠陥を生じる。これらの欠陥は機械加工後のリークや機械強度のバラツキ、熱処理後のプリスター不良など様々な問題を引き起こすが、ADSTEFANなどの鋳造シミュレーションシステムを使って、事前に机上で欠陥対策を考えておくことでかなりの部分の鋳造欠陥を回避することができるようになった。

しかし、実際に鋳造してみると欠陥を生じてしまう場合もあり、そのような場合は後処理工程で鋳造欠陥が発覚するまでにかかる無駄な時間やコストをできるだけ削減するように、アズキャストの状態で射出波形などから鋳造欠陥を検知して不良品として排出するなど、鋳造現場での早急な欠陥対策が重要となる。

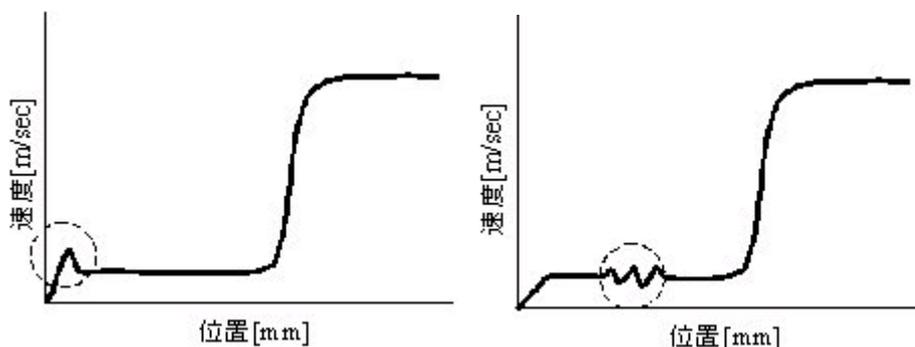
鋳造欠陥が発生する場合には射出波形に何らかの特徴的な現象が見られる場合があり、今回は射出波形に現れるいくつかの特徴的な現象から推測される鋳造欠陥およびその原因 / 対策を大きく低速波形 / 高速波形 / 増圧波形に分けて紹介する。

2. 低速波形による欠陥評価

射出波形の低速領域で見られる特徴から鋳造欠陥を推測できるケースを紹介する。

○ 2.1 波形に現れる特徴

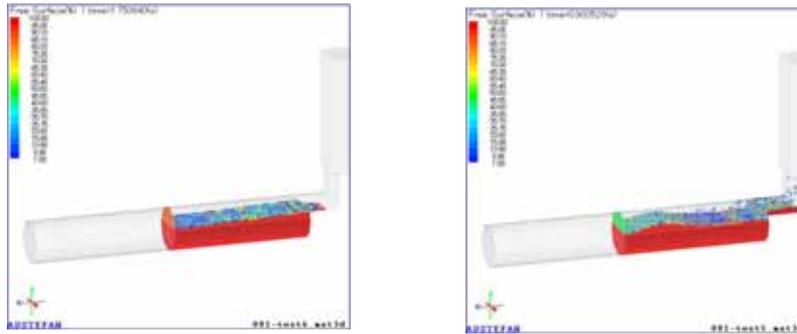
射出波形に下図のような低速開始時の「飛び出し」や低速途中での「振動」が見られる。



○ 2.2 スリーブ内容湯の挙動

射出波形に前記のような現象が現れた際のスリーブ内の様子を、ADSTEFANを使ってシミュレーションした結果を下図に示す。左図は速度の飛び出しや振動などを

生じずに正常に低速射出した場合で、右図は射出開始時に飛び出しを生じた場合である。

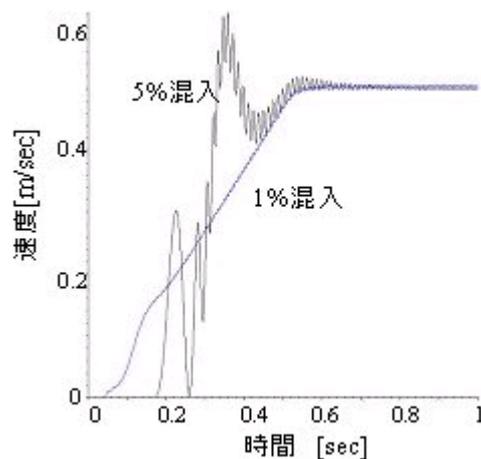


左図のように正常な場合はスリーブ内溶湯の浪打が少ないのに対して、右図のように速度飛び出しがある場合はスリーブ内溶湯に波打ちが生じていることが分かる。この浪打によってスリーブ内の溶湯に空気を巻き込み、製品に「巻込巣」を生じる可能性がある。

○ 2.3 原因

■ 油圧配管内の空気の影響

油の剛性を低下させて制御性を悪くする要因に油内への空気の混入がある。下記グラフは油内に空気が1%混入した場合と5%混入した場合の射出開始時のシミュレーション結果である。空気が1%混入した場合は動作開始時の速度の立ち上がり方に少々遅れが見られる。これは油内に空気が1%混入しただけでも油の剛性が低下し、力の伝達を送れていることを表している。一方、空気が5%混入した場合には、作動圧によって空気が圧縮されて空気を含んだ油の剛性が上がるのに時間がかかるため、動作開始時に「飛び出し」を生じていることが分かる。

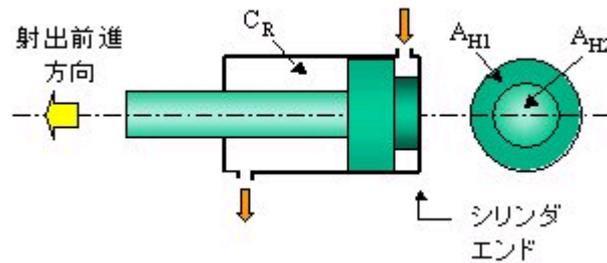


■ その他

その他の不安定要因としてピストン張り付きや摩擦、チップかじりなどがある。

一般的なシリンダーの構造は下図のようになっており、ピストンがシリンダーエンドに張り付くことがある。その場合、シリンダーエンドからの動作開始時には A_{H1} にしか圧力がかからないが、少しシリンダーが前進してシリンダーエンド部に隙間ができると $A_{H1} + A_{H2}$ に圧力が加わり、推力が急激に増大する。そ

れに加え、シリンダ内面とピストン間の摩擦も動作開始時には静止摩擦から動摩擦へと小さくなることから、シリンダエンドからの動作開始時には「飛び出し」を起こしやすい。



また、チップがかじってくるとスリーブ内でのチップの動作がスムーズでなくなるため、速度波形に前記したような振動を生じてくる。

○ 2.4 対策

スリーブ内の溶湯の浪打を極力抑えるよう下記対策が考えられる。

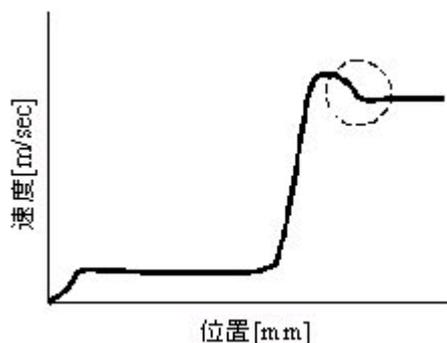
- 飛び出しを生じないように油内の空気抜きを十分に行う。また、可能ならば低速立ち上げ勾配を緩くする。
- チップかじりを生じないようにチップやスリーブの潤滑、冷却を行う。

3. 高速波形による欠陥評価

射出波形の高速領域で見られる特徴から鑄造欠陥を推測できるケースを紹介する。

○ 3.1 波形に現れる特徴

射出波形に下図のような高速領域における「速度低下」や「速度落込み」が見られる。



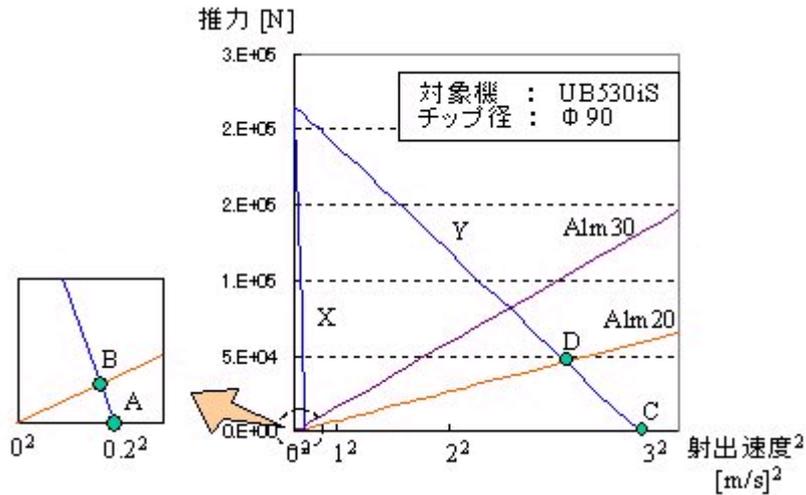
○ 3.2 原因

高速領域における「速度低下」や「速度落込み」が生じる原因として、ゲート抵抗と配管内空気の2つが考えられる。

- ゲート抵抗によるもの

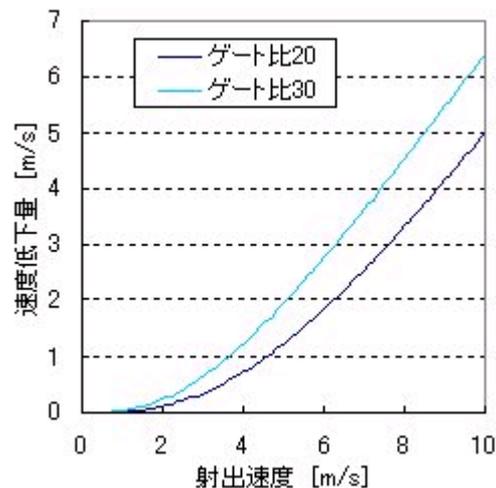
ゲートを通過する流体が空気から溶融アルミに変化すると、空気と溶融アルミの密度差のため、ゲートを通過させるのに要する推力が増大し、速度差(速度低下)が生じる。また、ゲート速度が速い程大きな推力が必要となる。この関係を $P - Q^2$ 線図を応用し、横軸に速度の2乗、縦軸に推力をとり図示した。図中のX、Yはそれぞれ0.2m/s、3m/sで射出した際の特徴である。Alm20、Alm30は溶融アルミがゲート比20と30のゲートを通過する際の流体抵抗であ

る。



通常ゲート打ちの場合、まだ速度があまり高くない状態でゲートを通る流体が空気から溶融アルミに変わる。しかし、ゲート打ちのつもりで条件設定しているにも関わらず、後述するような原因によりゲート抵抗位置が想定位置よりも遅れると、高速状態でゲートを通る流体が空気から溶融アルミに変わる。その場合には上図における高速時のC Dのように、低速時のA Bよりも大きな速度低下を生じる。

ちなみに、ゲート比(=チップ面積/ゲート面積)を20と30とした場合の射出速度と速度低下量の関係は下左グラフのようになる。



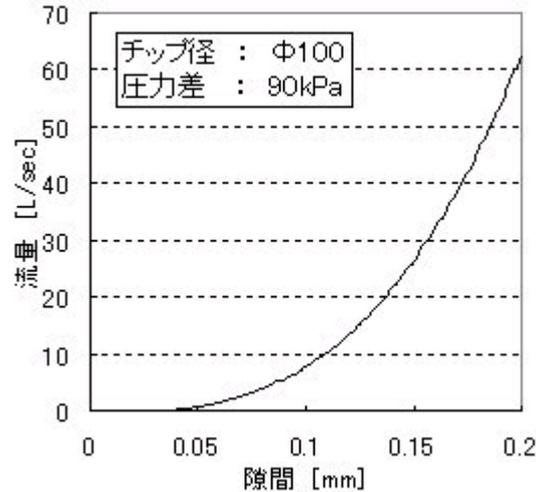
また、ゲート抵抗が意図に反した位置で発生する原因として、高速切換位置の設定が不適切な場合と真空引きによるキャビティ内への湯の引き込まれの2つが考えられる。

■ 高速切換位置が不適切

ランナー打ちしている場合にも同じような高速領域での速度低下現象がみられるが、ゲート打ちのつもりで条件設定しているにも関わらず高速領域に速度低下が見られる場合には、高速切換位置の設定が不適切であることが考えられる。その場合には意図に反してゲートに溶湯アルミが達する前に高速に入っているため、スリーブやランナー内で溶湯に空気を巻き込み、「巻込巣」が生じる可能性がある。

- 真空引きによるキャビティ内への湯の引き込まれ

真空引きするとキャビティやスリーブ内の圧力が低下することで、スリーブとチップの間隙から空気が吸い込まれる。この量は下記グラフのようになる。



チップ背面から吸い込まれた前記空気によってスリーブ内溶湯がキャビティ内へ引き込まれる。結果的には先の高速切換位置設定の不適と同じとなる。

このとき生じやすい欠陥としては、キャビティ内では後からきた湯が十分に融合せずに「湯境」を生じる可能性がある。

- 油圧配管内の空気によるもの

メータアウト制御の場合、高速立ち上げ時にロッド側のバルブを開いて油圧を一旦下げるが、配管内の油に空気が混入していると油の剛性が下がる。そうすると高速立ち上げ後に目標速度に制定するようロッド側のバルブを絞ってもロッド圧の上昇が遅れるためにオーバーシュートしてしまい、高速時の波形に同じような「飛び出し」現象が見られる場合がある。これは好ましい状態ではないが、特に顕著な欠陥との因果関係は確認できていない。

- 3.3 対策

意図に反した位置でのゲート抵抗を防止するのに下記対策が考えられる。

- 高速立ち上げ位置を再度確認する。
- 真空条件を再度確認する。当社では真空引きによるキャビティ内への湯の引き込まれを極力抑えるために、高速入り直前に短時間(0.3秒程度)で真空引きを行うことを標準としている。
- 油内の空気抜きを十分に行う。

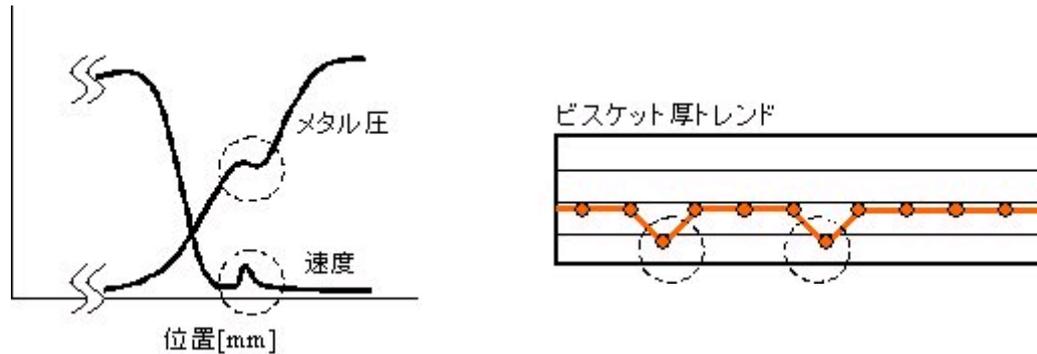
4. 増圧波形による欠陥評価

射出波形の増圧領域で見られる特徴から鑄造欠陥を推測できるケースを紹介する。

- 4.1 波形に現れる特徴

射出波形に下図のような増圧途中での速度の「飛び出し」および「昇圧遅れ」が見

られる。また、その際にはビスケット厚のトレンドにもバラツキが見られる。



○ 4.2 原因

溶融アルミがキャビティ内に充填されて高圧にて金型に接触すると、この部分が急冷されてワーク部の表面がアルミの皮膜状のもので覆われる。このときまだ内部は液体であるため、加圧されたときに金型が大きく変形し、また金型中央部あたりにアルミが差し込む場合がある。射出波形を見るとキャビティ内がアルミで充填されることで射出速度が落ちていくが、昇圧時にアルミが差し込むとキャビティ内のアルミのボリュームが増えるため「昇圧遅れ」を生じる。射出波形にこのような特徴が見られる場合は「バリ」が出るのと同時に「ひけ巣」が生じやすい傾向が見られる。

○ 4.3 対策

アルミの差し込みを防止するのに下記対策が考えられる。

- 昇圧タイミングを遅らせる
- 目標メタル圧設定を高くし、かつ目標メタル圧に到達するまでの時間を長くする。

5. まとめ

鑄造現場にて射出波形による欠陥評価を行うことは、後処理工程などで欠陥が発覚するまでにかかる無駄な時間やコストの削減に繋がることから有効な手段であると考え。また、マシンメーカーとしてそれらの現象がなぜ起こるのかを定量的に把握しておくことは重要であり、今回はその一部を紹介した。

一方で、鑄造欠陥をできるだけ生じさせずに高品質、高精度の製品を鑄造するための当社の取り組みとして、鑄造シミュレーションADSTEFANを使った流動解析の充実、新たな鑄造プロセスや射出コントローラの開発等を行っている。また、モニタリングシステムCastTrendを使って各ショット情報をもとに欠陥の原因を追跡し、その結果を種々の開発へフィードバックすることで、よりよい鑄造システムの構築を目指している。今後もそのような蓄積から得られるマシン、技術、知見などをトータルシステムとしてお客様へ提供していく所存である。