

201 消失模型鑄造法における湯流れ機構に関する研究

Study on Mold Filling Mechanism in Expandable Pattern Casting Process

○ 頃安 貞利 (帝京大・理工)

Sadatoshi KOROYASU, Teikyo University, Utsunomiya, Tochigi

Key Words: Expandable Pattern Casting Process, Mold Filling, Coat, Simulation

1. 緒言

消失模型鑄造法(EPCプロセス)では, 溶湯は発泡ポリスチレン(EPS)模型を熱分解させ生じたキャビティに流入し, 熱分解ガスは塗型膜を通して乾燥砂中に排出される. このように湯流れが通常空洞鑄型と異なり複雑なため, EPCプロセスを厳密にシミュレートできる湯流れ解析システムは現在のところ存在しない. そこで本研究では, 溶湯からのふく射および熱伝導によってEPS模型が熱分解し, これによって溶湯と未分解EPS模型間に生じた熱分解ガスが塗型膜を通して砂型に排出するモデルを考え, 湯流れのシミュレーションを試みた. さらに本研究で得られた平板型EPS模型を用いた場合の実験結果⁽¹⁾と比較検討した.

2. 解析方法

図1に示すように押上げ方案のEPCプロセスを考える. 溶湯はEPS模型を熱分解しながら生成したキャビティに上方に進入する. 一般に湯先速度は小さいので湯口系での溶湯流れに対する圧力損失はほとんどなく, 熱分解ガス層内のガス圧が溶湯ヘッドと等しい状態を保ったまま熱分解が進むと考えられる.

図2に本解析における溶湯の充てんメカニズムの概略を示す. 湯先からEPS模型への伝熱は熱分解ガス層を通してのふく射伝熱と伝導伝熱によって行われると考えた. この場合の熱流束 q は, 次式

$$q = \frac{5.67}{\frac{1}{\varepsilon_a} + \frac{1}{\varepsilon_m} - 1} \left[\left(\frac{T_a}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_m}{100} \right)^4 \right] + \frac{\lambda}{\delta} (T_a - T_m)$$

で表される. ここで, T_a, T_m は, それぞれ湯先, 液状EPS表面温度であり, 本解析では解析の簡単化のために一定値とし, ここでのふく射率 $\varepsilon_a, \varepsilon_m$ は, それぞれ0.3, 0.9とした. λ, δ は熱分解ガス層の熱伝導率, 厚さである. この式からEPS模型の熱分解速度すなわち溶湯の充てん速度が決定される. 一方, 熱分解ガス

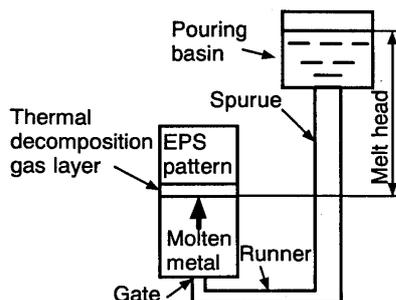


Fig. 1 Simulation model in this work

は塗型膜を通して乾燥砂中に排出され, 排出流量は塗型膜の通気度 P に関する定義式, 次式

$$P = \frac{dv}{A \Delta P}$$

から求まる. ここで, d, A は塗型膜の厚さ, 面積であり, v は塗型膜間の差圧 ΔP のときの気体流量である. これら2つの式による熱分解ガスの発生速度と排出流量を等しいとおくことによって, ガス層の厚さや湯先速度が決定される.

本解析における条件を表1に示す. 塗型膜の通気度は1.2と0.4の2種設定し, 厚さは1mmとした. 鑄枠内減圧に関しては, 無限圧の場合と-13.3kPaで減圧した場合の2種類考えた. 溶湯材料としてはアルミニウム合金とし, 溶湯ヘッドは溶湯がEPS模型に進入開始時と充満時の間の150mm~350mmまで変化するとした. 平板型EPS模型の厚さは10mmとした. これらの条件は本研究で得られた実験結果に対する値と同様である. またEPS模型の分解熱は30kJ/kg⁽²⁾とした.

3. 解析結果および考察

図3は, 塗型通気度が1.2と0.4の2種類の塗型剤に対して無限圧条件下および-13.3kPaの減圧度で減圧した場合の解析結果を示したものであり, 熱分解ガス

Table 1 Conditions on calculation

EPS pattern	Semi infinite plate
EPS pattern thickness	10mm
Coat thickness	1mm
Coat permeability	1.2, 0.4
Degree of reduced pressure	0, -13.3kPa
Molten metal	Aluminum alloy
Melt head	150~350mmAl
Melt surface temp. T_a	920K(const.)
EPS surface temp. T_m	680K(const.)

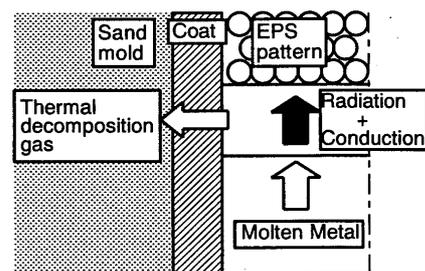


Fig. 2 Model of mold filling mechanism

層厚さをEPS模型の底面からの距離に対して示したものである。ガス層厚さは模型底面からの距離の増加とともに大きくなり、模型通気度小さい方が大きいことがわかる。鑄枠内減圧の場合は、無限圧の場合と比べてガス層厚さはかなり小さく、模型底面からの距離に対する変化も小さいことがわかる。

図4は、湯先速度の計算結果を示す。無減圧の場合、模型底面からの距離の増加とともに、湯先速度はやや小さくなるが、その変化はさほど大きくないことがわかる。また、塗型通気度が大きい方が湯先速度は大きい、その違いは図3のガス層厚さの差と比べて小さい。鑄枠内を減圧した場合の湯先速度は、無限圧の場合と比べて大きく、塗型通気度の違いによる差もやや大きいことがわかる。

図5は、模型底面からの距離に対して、その位置まで湯先が到着した時間(充てん時間)を示したものであり、無限圧条件下での計算結果と実験結果との比較を示したものである。充てん時間の計算値は湯先速度の逆数を距離で積分することによって求めたものである。充てん時間は塗型通気度が小さい方が大きくなる。また、計算結果と実験結果とを比較すると、両者は比較的良好に一致していることがわかる。通気度が1.2の場合、底面からの距離が145mmと190mm以内位置では、実験結果の方がやや大きい、これは、実験で使用し

た通気度1.2の塗型剤は、断熱性塗型剤ではないために湯先温度低下が著しく、145mmと190mmの位置では、湯先温度が液相線温度まで低下し、部分凝固の状態での湯流れであったためと考えられる。

図6は、図5と同様のプロットであり鑄枠内を-13.3kPaの減圧度で減圧した場合の結果を示す。図5の無減圧の場合と比べて、充てん時間はやや短いことがわかる。この場合も同様に実験結果と計算結果は比較的良好に一致していることがわかる。

4. 結語

EPCプロセスにおける湯流れに対して、溶湯からEPS模型への熱移動に伴う熱分解と分解ガスの塗型膜への排出を考慮しシミュレーションを行った。その結果、本解析条件下において以下のことが明らかになった。

- (1) 塗型膜の通気度が大きくなるにつれて、また減圧した場合の方が、熱分解ガス層の厚さが小さくなり、湯先速度は大きくなる。
- (2) 溶湯の充てん時間に対する解析結果と実験結果とを比較した結果、両者の間に大きな差は見られない。

参考文献

- (1) S. Koroyasu et al. : J. JFS 76 (2004) 687
- (2) T. Kobayashi et al. : IMONO 64 (1992) 192

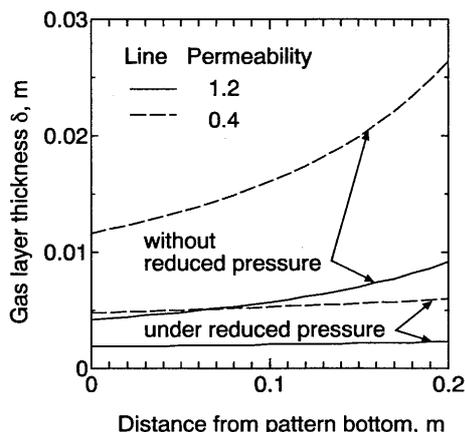


Fig. 3 Effects of coat permeability and reduced pressure on thickness of decomposition gas layer

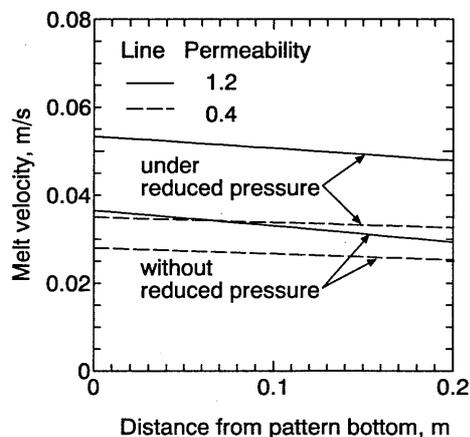


Fig. 4 Effects of coat permeability and reduced pressure on melt velocity

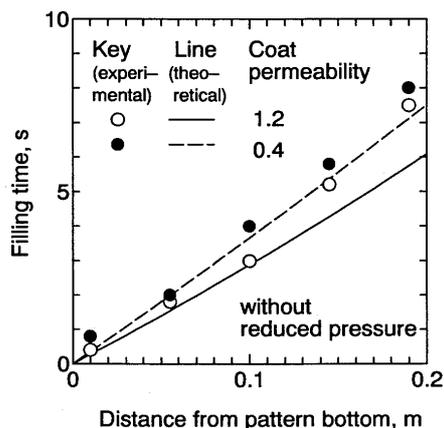


Fig. 5 Comparison of calculated value of filling time with experimental values without reduced pressure

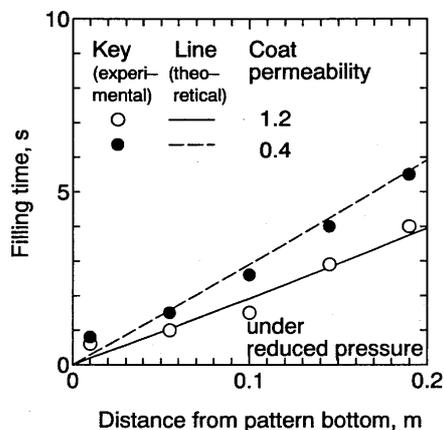


Fig. 6 Comparison of calculated value of filling time with experimental values under reduced pressure