

研究論文

消失模型鑄造用塗型膜の熱間通気度

眞鍋豊士* 山本康雄** 星山康洋***
三宅秀和*** 岡田 明****

Research Article

J. JFS, Vol. 76, No. 10 (2004) pp. 844~849

Hot Permeability of Coating Layer for Evaporative Pattern Casting Process

Toyoshi Manabe*, Yasuo Yamamoto**, Yasuhiro Hoshiyama***,
Hidekazu Miyake*** and Akira Okada****

In the evaporative pattern casting process, casting defects occur depending on the properties of the foam pattern itself and the coating material. In particular, the permeability of the coat strongly affects product quality. However, there are some difficulties in improving casting defects caused by the permeability because there exists no appropriate evaluating method for hot permeability. We propose a new convenient method for the high precision measurement of coating permeability from room temperature to elevated temperature (hot permeability) using a suction type permeability tester. Remarkable difference in the hot permeability of the coat is found even if the room temperature permeability of coat is the same. Additionally the nature of hot permeability of the coat is classified into three types, they are decrement in permeability, constant, and increase from room temperature. Evaluation of castings based on the hot permeability data obtained by this method in the actual production site reveals a slight influence on the pouring rate. Measurement of the hot permeability of coating should therefore be useful for preventing casting defects.

Keywords : evaporative pattern casting, near net, pyrolysis, gas, foam, pattern, coating, hot permeability, casting defect

1. 緒言

消失模型鑄造法は発泡ポリスチレン(以後、EPSと記す)などの消失模型に塗型剤を塗布し、減圧可能な鑄枠(以後、フラスコと記す)に非粘結材の乾燥けい砂で充てん造型し、模型を抜き取ることなく直接溶湯を注湯する。そのため一般の鑄造法とは異なる溶湯の充満挙動を示す。この充満挙動の違いは、溶湯により消失模型が分解して生成されるガス、液化樹脂及び固体カーボン(すす)などの熱分解生成物^{1~4)}が塗型膜を介して乾燥砂中に排出される機構に起因している。

したがって消失模型鑄造法に用いられる塗型剤は、一般の鑄型に使用されている塗型剤とは異なる性能が要求される。特に、造型時の模型にかかる応力を防止^{5~10)}するとともに模型表面を保護するに十分な機械的強度と熱分解生成物を停滞させることなく、速やかに排出できる通気性を兼ね備える必要がある。ここでの通気性とは流体の流れやすさの程度で、熱分解生成物を型砂中に排出する能力(以

後、通気度と記す)を示すものである。

消失模型鑄造法用塗型膜の通気度測定方法は、日本鑄造工学会・関西支部の「消失模型鑄造法研究委員会」で標準化¹¹⁾され、室温での通気度測定法が提案されている。しかし、鑄造時に塗型膜は高温の熱分解生成物と溶湯にさらされるため、その通気度は複雑に変化すると考えられる。したがって、塗型膜の熱間における通気度(以後、熱間通気度と記す)の変化が評価できれば、欠陥対策などに有効であると考えられる。しかし、鑄造時における塗型膜の熱間通気度変化に関する報告は見当たらない。そこで本研究では、熱間通気度を精度よく、リアルタイムに測定する方法を提案し、市販塗型剤を用いて評価した。また、これら塗型膜の熱間通気度と溶湯充満挙動の関係について検討を加えた。

2. 実験方法

2.1 消失模型鑄造用塗型の特性

消失模型鑄造用塗型の具備すべき条件として、下記のこ

平成16年3月9日 原稿受理

* 高知県工業技術センター Kochi Prefecture Industrial Technology Center

** 関西大学/(株)ツチヨシアクティ Kansai University/Tsutyoshiacty CO., LTD.

*** 関西大学工学部 Faculty of Engineering, Kansai University

**** 関西大学 Kansai University

Table 1 Characteristic of coating materials.

Coating	A	B	C	D
Application	Cast iron Al alloy	Cast iron	Al alloy	Cast iron Al alloy
Main aggregate	Silica	Silica	Mica	Silica
Baumé degree (° Bé)	75	85	60	85
Permeability	0.4	0.4	0.2	1.2
Bending strength (MPa)	2.80	2.40	5.10	2.75
Thermal conductivity (W/m·K)	0.58 (309K)	0.54 (309K)	0.27 (319K)	0.73 (309K)
Residue (%)	64	68	45	66
Ignition loss (%)	4.1	4.2	1.4	4.3

とがあげられる。①消失模型への塗布性が良好で、たれ落ちがないこと。②乾燥割れがないこと。③造型時に損傷しないこと。④耐熱衝撃性や耐圧性に優れていること。⑤焼着が発生しないこと。⑥造型時の模型変形を防止又は緩和する強度及び⑦EPS模型の熱分解生成物(ガス、液化樹脂、すす)が速やかに排出できる通気度が挙げられる。とくに⑥及び⑦が最も重要になる。

実験に用いた市販塗型剤について測定した特性を Table 1 に示す。通気度及び3点曲げ抗折強度は「消失模型鑄造法研究委員会」の試験方法¹¹⁾に準拠して測定した。また、通気度は通気度試験器を使用して塗型膜単体で測定する方法である。したがって室温測定値である。熱伝導率は簡易式の熱伝導測定機を使用して測定した。固形分は希釈した塗型剤を323 Kで乾燥し、その重量変化から算出した。強熱減量は塗型膜を1273 Kで1分間加熱し、重量変化から算出した。現在市販されている塗型剤のほとんどは水溶性である。これは、有機系溶剤の使用では模型が溶解又は収縮する可能性があるためである。塗型剤Aは鑄鉄専用、塗型剤B及び塗型剤Dは鑄鉄とアルミニウム合金兼用、塗型剤Cはアルミニウム合金専用の塗型剤として市販されている。塗型剤A、B及びDの主骨材はシリカサンド、塗型剤Cは雲母である。本実験では、それぞれ塗型剤メーカーが使用に適したボーメ度として推奨している値のA: 75°Bé, B: 85°Bé, C: 60°Bé及びD: 85°Béに希釈して使用した。なお、ユーザでは製品形状、寸法及び設備能力を考慮し鑄造欠陥が発生しないように塗型剤を選定しているのが現状である。

2.2 消失模型鑄造用塗型膜の室温における通気度

消失模型鑄造用塗型膜の通気度は消失模型鑄造法が導入された当初から、その評価法の確立が望まれてきた。例えば、塗型試験片としては、自硬性の砂型や金網に塗布する方法や専用のホルダによる塗型膜単体の方法が提案された^{5, 12, 13)}一方、測定装置としては、一定圧力(元圧)で空気を塗型膜に通過させて自然排気させる方法⁵⁾とコンプレッサによる圧縮空気を塗型膜に強制送風して排気させる方法¹⁴⁾などが提案された。

これらの経緯を踏まえて平成8年に標準化された通気

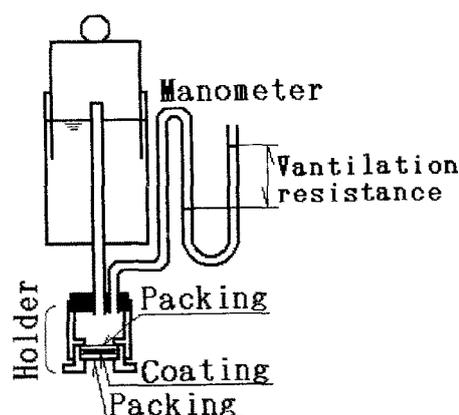


Fig. 1 Schematic drawing of permeability measuring apparatus.

度測定法¹¹⁾に関する「静水圧空気通気方式」の測定装置概略図を Fig. 1 に示す。基本的にはJIS規格の「鑄型通気度測定法」に準じており、Darcyの実験式に基づいて塗型の通気度(PI)は(1)式で与えられる。

$$PI = (V \times h) / (a \times p \times t) \quad \dots\dots(1)$$

V: 通過空気量 (mL) h: 塗型膜厚さ (cm)

a: 塗型膜断面積 (cm²)

p: 通気抵抗 (cm) (1000 mLの空気が排出された時の大気圧と元圧の圧力差)

t: 排気時間 (min) (2000 mLの空気が排出されるのに要する時間)

2.3 消失模型鑄造用塗型膜の熱間通気度

塗型膜の熱間通気度は鑄造時に次の影響を受けると考えられる。塗型膜に対する溶湯の放射熱、模型の熱分解生成物である高温高压のガス及び塗型膜を目詰まりさせる液化樹脂及びすす。しかし、これらの影響は鑄造条件により大きく異なる。そこで熱間通気度を知ることは通気度に対する熱分解生成物の影響を推測するためにも重要である。

したがって、本実験では熱分解生成物が塗型膜に捕そくされることは別として、鑄型へ排気される流体として、これに見合う気体が塗型膜を通して吸引するシステムを提案した。

2.3.1 測定装置

当初コンプレッサによる圧縮空気を送風する方式を検討した。しかし、送風圧の調整及び塗型膜の加熱などに問題が生じたため、吸引式の通気度試験器を考案した。

吸引式の熱間通気度測定器の概略図を Fig. 2 に示す。本試験器は石英製通気度測定用ホルダ、横型管状シリコニット電気炉、サイリスタ式の温度調整器、バッファタンク、吸引ポンプ(規格: 60 LPM・93.31 kPa)、デジタル式マノメータ(規格: 10~2000 Pa/アナログ出力4~20 mA)、ホイール式気体用流量計(規格: 0.2~1 mL/min・アナログ出力DC: 0~5 V)及びコンピュータで構成されている。

石英製通気度測定用ホルダの概略図を Fig. 3 に示す。まず直径26 mmのステンレス製金網(400メッシュ)を

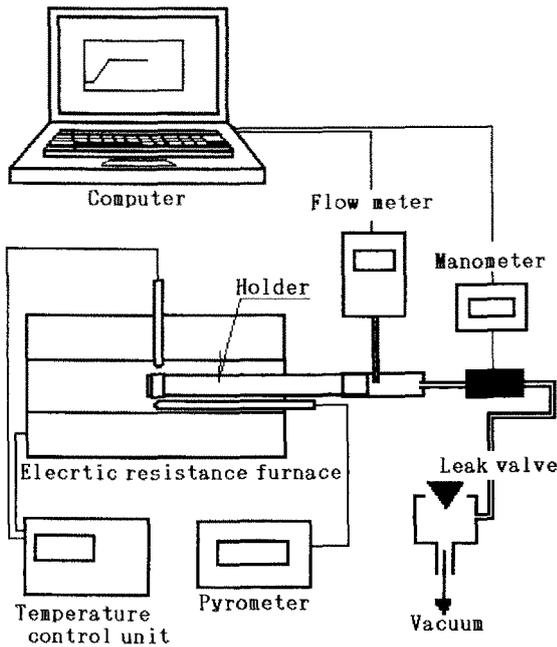


Fig. 2 Schematic drawing of hot permeability measuring apparatus.

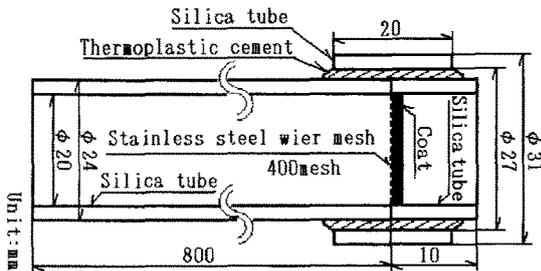


Fig. 3 Schematic drawing of hot permeability measuring holder.

肉厚 2 mm, 内径 24 mm の長さ 10 mm と 800 mm の石英管で挟み込んだ。次にこの部分の外側に肉厚 2 mm, 内径 27 mm の長さ 20 mm の石英管をセットし, そのすき間に耐熱性のアルミナ接着剤を充てんした。自然乾燥後, 1273 K で焼結した。

通気度測定用の塗型試験片は, 測定用ホルダを垂直に保持して金網部に市販塗型剤 (A~D) を塗布し, そのままの姿勢を保持して室温で 24 時間自然乾燥した。次いで横型管状炉を用いて 323 K の温度で 2 時間強制乾燥をさせて作製 (Fig. 2 参照) した。以後, 塗型剤 A の塗型膜を塗型膜 A と記し, 塗型剤 B~D についても同様に記す。

2.3.2 測定法

塗型試験片付きの石英製通気度測定用ホルダをスライド式のレールに設置し, ホルダのもう一方の端部に吸引式測定器を接続した。Table 1 の室温通気度と比較するため同じ元圧である, 0.98 kPa (水柱圧: 10 cm H₂O) で吸引しながら室温での通気度を測定した。次に, 1273 K に加熱保持した電気炉内に塗型試験片付きの石英製通気度測定用

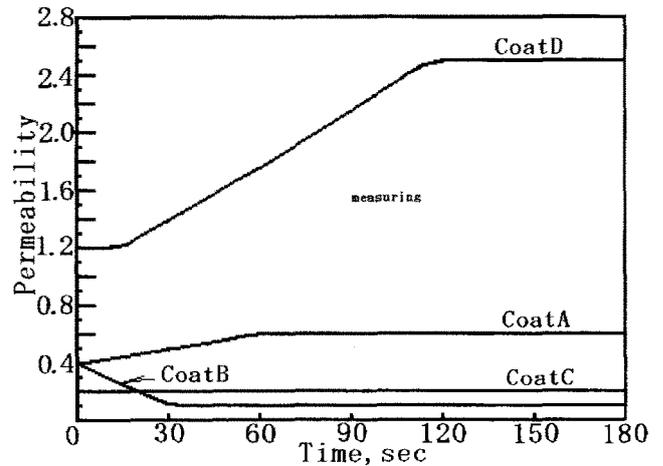


Fig. 4 Relation between hot permeability and time. Samples were held at 1273 K.

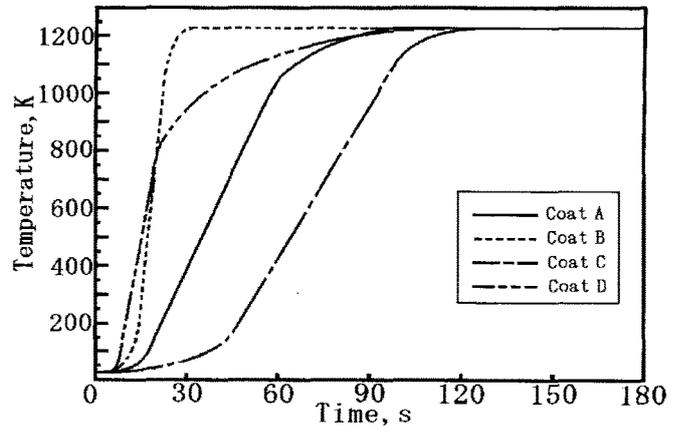


Fig. 5 Change in temperature of coating layer held at 1273 K.

ホルダを素早く挿入し, リアルタイムに強熱中の熱間通気度の変化をそれぞれの塗型膜 (A~D) について測定した。

本実験で作製した吸引式測定器の通気度 (P_2) は (2) 式で与えられる。実際には測定中の通気抵抗などを電気信号としてリアルタイムにパソコンへ取り込むことで熱間通気度が得られる。

$$P_2 = (L \times h) / (a \times p) \quad \dots (2)$$

L : 流量 (mL/min) h : 塗型膜厚さ (cm)

a : 塗型膜断面積 (cm²) p : 通気抵抗 (Pa) (大気圧と元圧の差圧)

なお, 式 (2) は同一条件における流体の流れやすさの程度を示すものである。したがって, 吸引圧力が変化すると通気抵抗が異なるため, 相対値として取り扱う必要がある。

3. 結果及び考察

3.1 消失模型鑄造用塗型の熱間通気度

塗型膜 A~D の熱間通気度曲線を Fig. 4 に示す。また参考に別の実験として 1273 K の雰囲気中で強熱した時の塗型膜温度と時間の関係を Fig. 5 に示す。塗型膜温度はあ

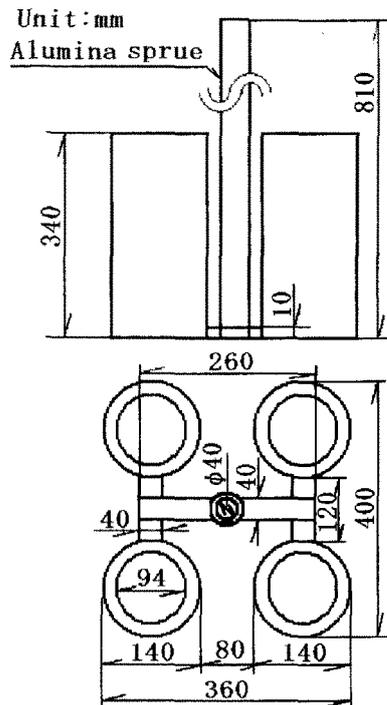


Fig. 6 Gating system of cast iron liner.

らかじめ石英製ホルダの塗型試験片中に熱電対の温接点を埋設して測定した。いずれの塗型膜とも20 s後には急激に昇温し723 Kに、その後緩やかに昇温し約60 s後に1100 K、さらに120 s後には1273 Kの温度に到達した。

1273 Kでの熱間通気度(以後、 $P_{2_{1273}}$ と記す)は強熱開始後の時間経過につれて、その変化傾向は3つのタイプに区別される。すなわち、室温通気度よりも熱間通気度が高くなる場合(塗型膜A及びD)、低くなる場合(塗型膜B)、及び変わらない場合(塗型膜C)である。なお、得られた室温通気度(以後、 P_{2R} と記す)は、JIS 鋳物砂通気度試験器による測定値と一致した。このことより通気度試験器としての精度はJIS規格の「鋳型通気度測定法」と同じ精度と判断できる。また、各塗型膜について5回通気度試験を行ったが、いずれの測定値もJISの鋳物砂通気度試験の規定による平均値の偏差±5%以内を満足した。塗型膜Aの場合:約90 s後まで徐々に熱間通気度が上昇するが、その後120 s経過しても変わらない。 $P_{2R}=0.4$ に対して $P_{2_{1273}}=0.6$ まで高くなる傾向にある。

塗型膜Bの場合:約30 s後まで熱間通気度が急激に低下し、 $P_{2R}=0.4$ に対して $P_{2_{1273}}=0.1$ まで低くなる傾向にある。

塗型膜Cの場合:約120 s経過しても熱間通気度は変わらずに、 $P_{2R}=P_{2_{1273}}=0.2$ である。

塗型膜Dの場合:約20 s後から急激に熱間通気度が上昇し、その後110 sまで上昇して一定となっている。 $P_{2_{1273}}=1.2$ に対して $P_{2_{1273}}=2.7$ まで高くなる傾向にある。

以上のように、室温通気度($P_{2R}=0.4$)が全く同じである塗型膜A及びBにおいて、熱間通気度が $P_{2T}=0.6$ まで

Table 2 Casting condition for cast iron liner.

Mold	Pattern	EPS
	Forming ratio	45 times
Coating	Kind	Coating A and Coating B
	Baumé degree	A coat : 75 ° Bé B coat : 85 ° Bé
	Coating method	Dipping
	Drying temperature	323K
	Permeability	A coat $P_{2R}:0.4 \rightarrow P_{2T}:0.6$ B coat $P_{2R}:0.4 \rightarrow P_{2T}:0.1$
Molding	Flask size	1000 ^W ×1000 ^L ×1000 ^H mm
	Molding sand	Silica sand (JIS No5)
	Vibration condition	Vertical motion (1.5 G 60 Hz)
	Reduced pressure	26.66 kPa
Molten metal	Alloy	JIS FC250
	Casting temperature	1673K
	Casting weight	120 kg

高くなる場合と $P_{2_{1273}}=0.1$ まで低くなる場合の逆の傾向を示すことが明らかになった。また、塗型膜Dでは熱間通気度が大幅に高く($P_{2_{1273}}=2.7$)なる傾向が明らかになった。

一方、通気度が強熱直後から変化する場合(塗型膜A及びB)や一定時間経過後に変化する場合(塗型膜D)及び変化しない場合(塗型膜C)がある。さらには熱間通気度の変化が終了するまでの経過時間(塗型膜A:約90 s、塗型膜B:約30 s及び塗型膜D:約110 s)に差が生じている。

3.2 熱間通気度の鑄造性に対する影響

室温通気度($P_{2R}=0.4$)が全く同じであるが、熱間通気度が逆の傾向を示した塗型剤A($P_{2_{1273}}=0.6$)及び塗型剤B($P_{2_{1273}}=0.1$)を、同一方案の消失模型にそれぞれ塗布して鑄造した場合の鑄込速度と充満速度の影響を検討した。なお、減圧下で注湯を行う場合はフラスコ上面をプラスチックフィルムでシールした。

1) 鑄込時間の影響: 鑄鉄製ライナの模型方案をFig. 6に示す。外径140 mm×長さ340 mm×肉厚230 mmのEPS模型(発泡倍率45倍)に、熱間通気度が逆の傾向を示した塗型剤(A及びB)を塗付した。鑄造条件をTable 2に示す。フラスコに乾燥けい砂を用いて造型した後、26.66 kPaの減圧下でFC250相当の溶湯(約120 kg)を1673 Kで注湯した。その時の鑄込時間をストップウォッチで測定した。

その結果、熱間通気度が上昇する塗型膜Aでは、注湯開始から終了まではほぼ一定の速さのスムーズな鑄込みであり、鑄込時間は18 sである。鑄造品の外観には鑄造欠陥は観察されなかった。これに対して、熱間通気度が低下する塗型膜Bでは、注湯開始5 s後から鑄込みは流入と停止を繰り返す断続的な注湯現象(湯がおどる)が生じ、鑄込時間は24 sを要した。また製品上部には残さ欠陥や湯じわが認められた。このように、塗型膜の熱間通気度の違いは鑄込時間並びに製品の外観に影響を与えることが明らかである。とくに、湯がおどりながら注湯されるのは、溶湯

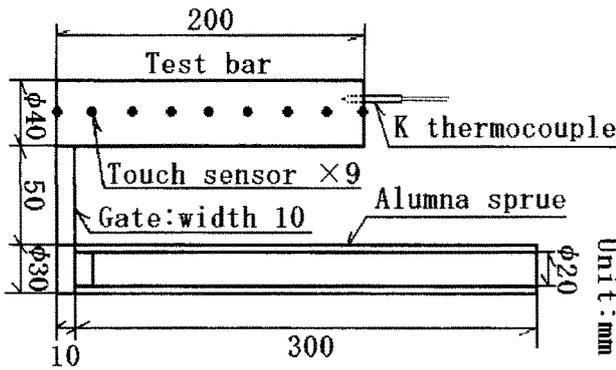


Fig. 7 Gating system of aluminum alloy test bar.

Table 3 Casting condition for aluminum alloy test bar.

Mold	Pattern	EPS
	Forming ratio	45 times
Coating	Kind	Coating A and Coating B
	Baumé degree	A coat : 75 ° Bé B coat : 85 ° Bé
	Coating method	Dipping
	Drying temperature	323K
	Permeability	A coat P2r:0.4 → P2r:0.6 B coat P2r:0.4 → P2r:0.1
Molding	Flask size	400 ^W ×400 ^L ×500 ^H mm
	Molding sand	Silica sand (JIS No6)
	Vibration condition	Vertical motion (1.5 G 60 Hz)
	Reduced pressure	13.33 kPa
Molten metal	Alloy	JIS AC4C
	Casting temperature	1123K
	Casting weight	1 kg

熱により塗型膜が加熱され通気度が低下するため模型分解ガスの排気が阻害され、一時的に溶湯の流入が停止する。しかし溶湯の放射熱により模型の分解が進み新たな塗型膜が露出するため模型分解ガスの排気が再開される。このようにして、溶湯の流入と停止の過程が繰り返されるためと考えられる。なお模型分解ガスの排気は塗型膜の熱間通気度の大小に影響される。

2) 充満速度の影響：丸棒試験片の模型方案を Fig. 7 に示す。直径 40 mm×長さ 200 mm の EPS 模型（発泡倍率 45 倍）に、熱間通気度が逆の傾向を示した塗型剤（A 及び B）を塗付した。鑄造条件を Table 3 に示す。溶湯の充満速度を測定するために、EPS 模型の底部から 25 mm 毎にタッチセンサを設置した。フラスコに乾燥けい砂を用いて造型後、無減圧並びに 13.33 kPa の減圧下で、約 1 kg のアルミニウム合金（AC4C）溶湯を 1123 K で注湯した。また、模型先端に熱電対を設置（Fig. 7 参照）して到達した溶湯の温度を測定した。

試験片底部からの溶湯充満距離と時間の関係を Fig. 8 に示す。室温通気度が同じでも熱間通気度の異なる塗型膜 A と B では溶湯の充満速度が明らかに異なっている。無減圧での注湯では、熱間通気度が高くなる塗型膜 A が約 40 mm/s の平均速度で充満しているのに対して、熱間通

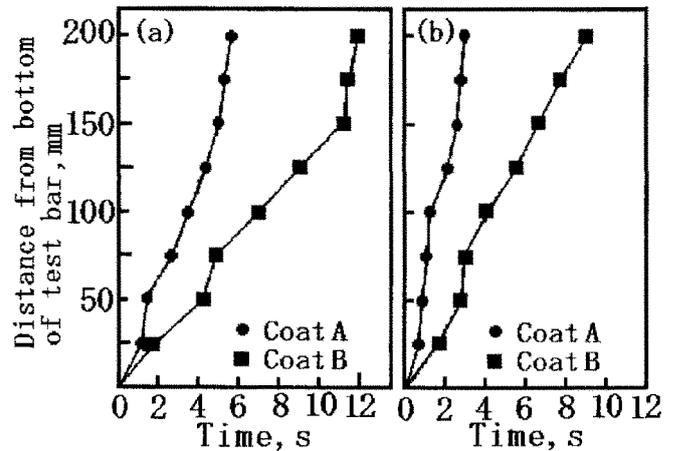


Fig. 8 Filling speed of melt in cavity as evaporated pattern applying coating A and coating B.

(a) Atmospheric pressure.

(b) Reduced pressure 13.33 kPa.

気度が低下する塗型膜 B は 16.7 mm/s と 2 倍以上の違いがある。減圧下での注湯では、無減圧に比していずれの塗型膜も充満速度は速くなり、塗型膜 A で 66.7 mm/s、塗型膜 B で 22.2 mm/s と約 3 倍の差となった。また、減圧下での注湯を例にすると、試験片先端に到達した溶湯の最高温度は塗型膜 B で 903 K であり、塗型膜 A の 927 K よりも 24 K 低い。このことは充満速度が遅くなることにより鑄型内での溶湯温度低下が溶湯の流動性や模型の熱分速度を低下させる可能性を示唆している。

以上のように、塗型膜における熱間通気度の違いは溶湯充満時間すなわち充満速度に影響を与えることが明らかである。

3.3 消失模型鑄造用塗型剤の考察

鑄造実験により同じ室温通気度でも塗型膜の熱間通気度が異なる場合は、これに応じて鑄込時間や充満速度も変化する可能性を明らかにした。

このような現象が生じるのは、塗型剤の製造方法及びその組成などに起因していると考えられる。しかし、塗型剤の組成や骨材の大きさなどはメーカー各社のノウハウであるため公表されていない。またカタログ上でも主に室温通気度と強度の特性しか表示されていないため詳細は不明である。

一般的に、消失模型鑄造法用塗型剤は骨材の耐火物や鉱物粘土などの固体成分と水、活性剤、分散剤、着色剤及び粘結剤などの液体成分に大別¹⁶⁾される。なおメーカーによっては着色剤として水に不溶の固体であるベンガラ（酸化鉄）などの粉末が使用されることもある。塗型膜の室温通気度調整は固体成分の粒度を変えることで行われており、通気度が高い塗型剤では粗い骨材を使用している。他方、熱間通気度の変化傾向が異なる原因を検証するために塗型膜を 1273 K で強熱し、その時の状況観察とガス発生量測定を行った。その結果、塗型剤により発生時期は異なるがガスやすすが生じ、メーカーにより傾向が異なることを認めた。

特に塗型膜から発生するすずは直接塗型膜を目詰まりさせるため熱間における通気度に大きく影響を与えていると考えられる。塗型剤の塗布性や作業性及び乾燥後の強度などは液体成分に添加される有機系化合物の活性剤、分散剤及び粘結剤などの添加量や種類を調整することで行われている。粘結剤は有機系以外にも無機系の水ガラスなどが混合使用される。またいずれの添加剤も液体、固体に関わらず水に溶解するものが選定される。

塗型膜 A 及び B は、固形分 (64~68%)、熱伝導率 (0.58~0.54 W/(m・K)) 及び強熱減量 (4.1~4.2%) とほぼ同じである。したがって、室温通気度 (0.4) が同じであることから、同じ程度の粒度の骨材を配合していると思われる。しかし、その後の熱間通気度の違いは、液体成分に添加されている有機系添加剤の種類と総添加量及び固体成分などが異なることに起因していると推察される。塗型剤 A は有機系添加剤の燃焼による空げきの生成や骨材の熱膨張の差で発生した塗型膜の割れなどにより、熱間通気度が大幅に上昇するものと予想される。一方、塗型剤 B は使用されている有機系添加剤が塗型剤 A と異なるため、燃焼・分解時に発生するすずが塗型膜に滞留し熱間通気度を低下させるものと考えられる。

塗型剤 C は骨材に雲母を使用しているため熱伝導率が低く、3点曲げ抗折強度 (5.1 MPa) は他の塗型に比して2倍前後の高い値である。これは、主骨材は細かく粉砕された板状の雲母を使用しているため、模型に塗布され塗型膜を形成した時に骨材が積層状に堆積し骨材の間げきが少なくなり室温通気度も低くなると思われる。また、有機系添加剤の量が少ないので過熱、燃焼しても空げきが生じないため板状の骨材が積層した状態が保持され、熱間通気度も変化せず加えて強熱減量も低いと考えられる。

塗型剤 D の固形分は A 及び B と同じであるが、熱伝導率 {0.73 W/(m・K)} が他の塗型に比して最も高い。このことは、粗い骨材を配合しているため、室温及び熱間通気度とも高くなると考えられる。なお、熱間通気度変化が加熱開始から一定になるまでの時間が長いのは、他の塗型に比して添加剤の配合率が異なることによるものと推察される。

以上のことから、今回の実験で塗型剤の通気度評価は室温通気度のみではなく、熱間通気度も併せて評価することの重要性を明らかにした。しかし、実際の鑄造において塗型膜は瞬時に高温にさらされるとともに模型の熱分解生成物による通気度への影響を受けると考えられる。したがって、さらに精度良い鑄造状況の推測や鑄造欠陥対策を行うためにはこれらの影響を考慮した塗型膜の熱間通気度のデータ解析が望まれる。

4. 結 言

本研究では熱間通気度を精度よく、しかもリアルタイムに測定する方法を提案し、市販塗型剤による塗型膜の通気度特性を解析した。また、これら塗型膜の熱間通気度と溶

湯充滿挙動の関係について検討を加えた結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 市販塗型剤による塗型膜には室温と熱間で通気度が異なる場合があり、室温通気度に対して熱間通気度が上昇するタイプ、変化しないタイプ及び低下するタイプの3つに大別されることを明らかにした。
- (2) 熱間通気度が上昇する塗型膜は、残さ欠陥や湯回り不良の防止対策に有効である。
- (3) 熱間通気度が低下する塗型膜の使用は、残さ欠陥や湯回り不良などが発生しやすいと考えられる。
- (4) 方案や鑄造条件が同じでも塗型剤の熱間通気度により鑄造時間や鑄造欠陥の発生状況が異なる。このことから、方案設計や不良対策に対して、使用する塗型剤の通気度は室温及び熱間の両方を把握することが重要である。

文 献

- 1) T. Kobayashi and Y. Kasuya : IMONO 64 (1992) 192
- 2) H. Miyake, Y. Yamamoto, T. Manabe, Y. Kataoka and A. Okada : IMONO 69 (1997) 841
- 3) Y. Sakaguchi and T. Yamada : IMONO 75 (2003) 355
- 4) T. Manabe, K. Takeuchi, Y. Yamamoto, H. Miyake and A. Okada : Report of 140th JFS Meeting 140 (2002) 134
- 5) Y. Yamamoto, T. Takimoto, Miyake and A. Okada : IMONO 59 (1987) 729
- 6) Y. Yamamoto, H. Miyake and A. Okada : IMONO 63 (1991) 965
- 7) A. Ikenaga, S. Kawamoto and H. Minami : IMONO 64 (1992) 699
- 8) 眞鍋豊士, 本川高男, 南典明, 山本康雄 : 高知県工業技術センター研究報告 26 (1995) 131
- 9) J. Katuki : Report of 132nd Meeting IMONO (1998) 23
- 10) S. Koroyasu, M. Matuda and K. Koike : IMONO 74 (2002) 720
- 11) 日本鑄造工学会平成8年度関西支部例会「消失模型用塗型剤の特性と標準化」(1996) 18
- 12) 日本鑄造技術普及協会研究報告書「消失模型鑄造用塗型剤塗付装置の開発研究」(1992) 22
- 13) 山本康雄 : 日本鑄物協会関西支部消失模型鑄造法研究会塗型剤標準化小委員会 (平成5年10月27日) 資料 No. 3-4 「各社における塗型試験方法概要」
- 14) 高田雅直 : 日本鑄物協会 最近の自硬性鑄型の特性と評価に関する研究部会 (平成3年1月28日) 資料 No. 3-8-40
- 15) 日本鑄造工学会編 : 鑄造工学便覧 (丸善) (2002) 110