

有機自硬性鋳型の伝熱特性に及ぼす骨材の影響

池 浩之^{*}、勝負澤善行^{**}、茨島 明^{**}
高川 貫仁^{**}、本山 勝見^{***}、田中 悟^{***}

有機自硬性鋳型用の骨材として、ムライトサンド、シリカサンドおよびジルコンサンドを用い、その鋳型にアルミニウム合金を注湯した。そして、アルミニウム合金の冷却速度などを測定し、各鋳型の伝熱特性を比較した。その結果、伝熱特性は、ジルコンサンドが最も良く、ムライトサンドとシリカサンドはほぼ同等の伝熱特性を示すことが分かった。熱伝導率の高いシリカサンドの伝熱特性が、ムライトサンドとほぼ同等となる理由は、鋳型内への骨材の充填性が影響していると考えられた。

キーワード：アルミニウム合金鋳物 有機自硬性鋳型 伝熱特性

The Effect of Kind of Sand on the Heat Transfer Properties of Organic Self-Curing Molds

IKE Hiroyuki, SHOUBUZAWA Yoshiyuki, BARAJIMA Akira
TAKAGAWA Takahito, MOTOYAMA Katumi and TANAKA Satoru

We made the organic self-curing molds by using the sand of mullite, silica and zircon. And aluminum alloy was poured in each molds, and the cooling rate etc. were measured and heat transfer properties of each mold compared. As a result, The heat transfer properties of zircon is the best and it has been understood that mullite and silica reach almost the same value. The heat transfer properties of silica that the heat conductivity is high was though for the filling of sand to the molds to influence the reason which almost became the same with mullite.

key words: aluminum alloy, organic self-curing mold, heat transfer property

1 結 言

最近、環境への配慮から鋳物工場より排出される廃砂の低減が重要視されてきているが、現在鋳造工場で多く利用されているシリカサンドは、自硬性鋳型用骨材などとして使用した場合、再生処理時に微粉が発生し易く回収率に劣る。一方、鋳鋼などの骨材として使用されているムライトサンドは、硬い球状の焼結砂であるため再生処理時の回収率に優れていることから、鋳鉄や鋳鋼の分野に限らず、アルミニウム合金などの非鉄鋳物分野にお

いても注目されつつある。ところが各骨材の特性は表1に示すように異なっており、この特性によってアルミニウム合金鋳物の品質に影響を及ぼすと考えられる。特に鋳型の伝熱特性は、アルミニウム合金鋳物の湯流れ性、充填性に影響を及ぼす他、結晶粒、共晶Siなどの成長速度を支配する因子であり、それは直接引張強度、伸びなどの機械的性質にも影響を及ぼす重要な要素となる。しかし、ムライトサンドやシリカサンドなどの有機自硬性鋳型骨材の種類を変化させた鋳型を作製したとき、各

* 金属材料部（現在 企画情報部）

** 金属材料部

*** 横河電子機器株式会社

表1 各骨材の特性値(C社カタログより)

	ムライトサンド [*]	シリカサンド [*]	ジルコサンド [*]
粉体高密度 g/cm ³	1.69	1.58	2.99
耐火度	1825	1730	1825
熱膨張率 300s後%	-0.02	1.39	0.18
熱伝導率 w/m·K	生型	0.49	0.72
	CO ₂	0.63	0.86
比熱 J/kg·K	1842	1130	1424
主な化学成分	Al ₂ O ₃ 61%	SiO ₂	ZrO ₂ 66%
	SiO ₂ 37%		SiO ₂ 32%

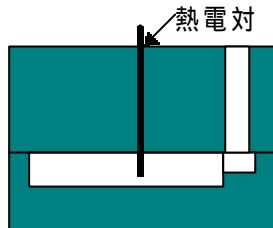


図1 冷却性能測定用鑄型形状

鑄型の伝熱特性などがアルミニウム合金鑄物の溶湯の流動性、機械的性質などに及ぼす影響を調べた例はみられない。そこで本研究では、これらについて調べることを目的とした。

2 実験方法

実験は表1に示したムライトサンド、シリカサンド、ジルコサンドの3種類を用いた。そして各骨材の粒度指数は(JIS FN176)に統一し、粒度による充填性の差を出来るだけ抑え、骨材の充填性による冷却性能の変化を少なくした。そのためシリカサンドは市販のA社製とB社製の砂を、またムライトサンドは、C社製の#650と#1450の砂をブレンドした。ジルコサンドは市販品をそのまま用いた。粘結剤はD社製を用い、その添加量は樹脂が2.5wt%(対砂比)硬化剤が18wt%(対樹脂比)とし、骨材への粘結剤の添加は小型バッチミキサーを使用して混練した。鑄物の冷却性能は図1に示すように100×100×15mm³の板状のキャビティー内の中央部に熱電対を埋め込み、各骨材で鑄型を作成した。その鑄型に溶湯処理を施したAC4Cアルミニウム合金溶湯を注湯して、鑄型の冷却速度を調べた。同様にJIS 4号試験片形状鑄型と渦巻き状流動長測定鑄型を骨材を変えて作成し、それぞれの鑄型から得られた鑄物の機械的性質、鑄型内における溶湯の流動長などを調べた。

3 実験結果

自硬性鑄型の骨材を変化させたときの、AC4Cアルミニウム合金鑄物の冷却速度は、注湯温度750 から500 までの冷却時間で測定した。その結果を図2に示す。骨材の熱伝導率は表1に示すように、ジルコサンドが最も優れ、その次にシリカサンド、ムライトサンドの順となった。ジルコサンドを使用したものは、熱伝導率が高

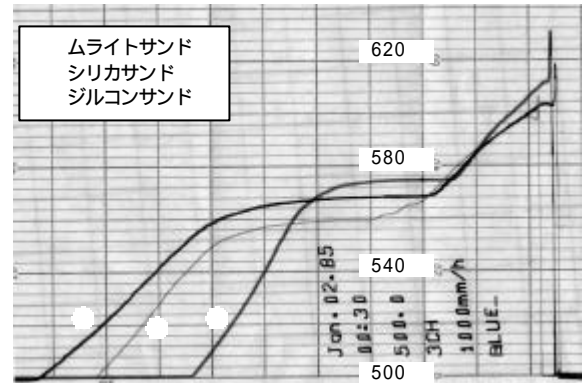


図2 各骨材を用いたときのAC4Cアルミニウム合金の冷却曲線

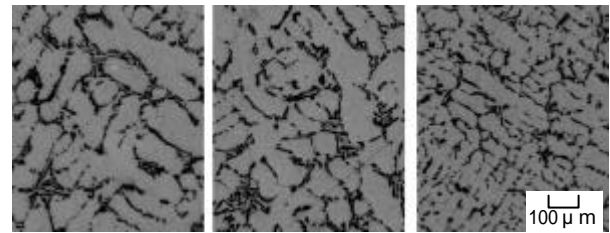


図3 各骨材を用いたときのAC4Cアルミニウム合金の組織観察結果

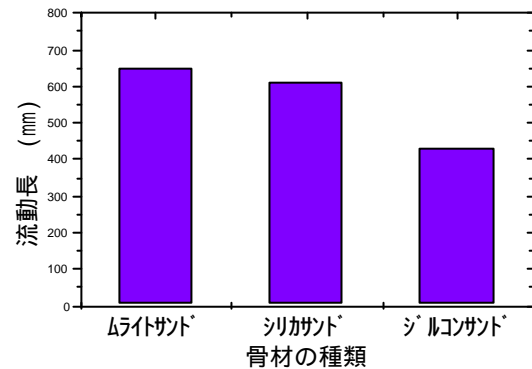


図4 AC4Cアルミニウム合金の流動長に及ぼす骨材の影響

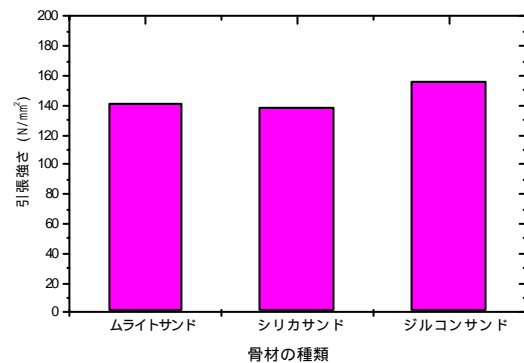
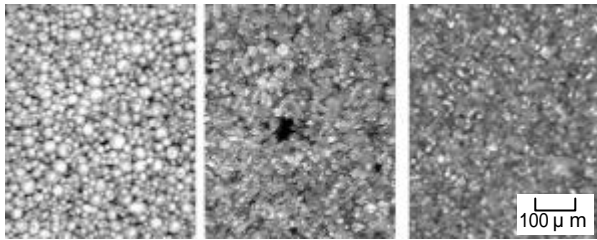


図5 AC4Cアルミニウム合金の機械的性質に及ぼす骨材の影響

いため予想通りであったが、シリカサンドの冷却速度は、予想に反してムライトサンドとほぼ同等であった。この

表2 各骨材から作った型の熱伝導率測定結果

骨材の種類	熱伝導率 (W/m・K)
ムライトサンド	0.413
シリカサンド	0.315
ジルコンサンド	0.641



ムライトサンド シリカサンド ジルコンサンド

図6 各骨材を用いて作った鑄型の充填状態観察結果

ことは、図3のそれぞれのアルミニウム合金の組織観察結果からも云える。つまりムライトサンドとシリカサンドでは共晶Siの生成状況や寸法はほぼ同じで、冷却速度の差は観察されなかった。

次に、3つの骨材から作った流動長測定鑄型を用いてアルミニウム合金の流動長を測定した結果を図4に示した。ムライトサンドとシリカサンドの流動長は、650mm前後とほぼ同等となった。一方、冷却速度の速いジルコンサンドを骨材とした鑄型の流動長は、ムライトサンドおよびシリカサンドを骨材とした鑄型の約2/3となること分かった。

図5は、骨材の種類を変化させたときのAC4Cアルミニウム合金の引張強さおよび伸びの測定結果を示した。アルミニウム合金は同じ溶湯から採取したものであり、結晶粒微細化処理、改良処理は行っておらず、鑄出し状態の試料を測定した。いずれもJISの規定値を満足しているが、冷却速度の速いジルコンサンドを骨材として用いた方が、強度は約15%高くなる。しかし、伸びは逆に低くなること分かった。これは、図3の共晶Siの寸法と関係しており、細かいものほど強度が高くなり、伸びが低下したと考えられる。また、シリカサンドとムライトサンドの引張強さは140N/mm²、伸びは約2.5%であり、共晶Siの寸法がほぼ同じであることから、機械的性質もほぼ同等となること分かった。

4 考 察

これまで述べてきたように、有機自硬性鑄型用骨材の種類をムライトサンド、シリカサンドおよびジルコンサンドと変化させ、鑄型内における合金の冷却速度、流動長、組織および機械的性質などを測定した結果から判断すると、それぞれの鑄型の伝熱特性は、ジルコンサンドが最も優れ、シリカサンドとムライトサンドはほぼ同等となること分かった。ジルコンサンドは、この3つの骨材の中で、熱伝導率が0.87w/mK(表1の生型の場合、以下同)と最も高いことから、伝熱特性は高くなると考

表3 各骨材の通気度測定結果

骨材の種類	通 気 度	
	手詰め	つき固め
ムライトサンド	164	88.1
シリカサンド	175	87.9
ジルコンサンド	133	20.4

えられる。一方、シリカサンドの熱伝導率は0.72w/mKであり、ムライトサンドの0.49w/mKに比べて約40%も高くなっているが、伝熱特性はほぼ同じとなる。この伝熱特性が同じとなる理由について次に考えてみる。

表2は、それぞれの骨材を用いて、鑄型を作ったときと同条件で、20×40×120mmのブロックを作り、ブロックの熱伝導率をQTM迅速熱伝導率計(昭和電工株式会社製)を用いて測定したときの結果を示す。砂型の熱伝導率の測定結果は、測定方法によっても変化するようである¹⁾が、この結果では、ジルコンサンドの熱伝導率が最も高くなり、表1の結果と変わらないが、ムライトサンドとシリカサンドを比較すると、表1の結果に反し、むしろムライトサンドの方が熱伝導率は高くなること分かった。

図6はそれぞれの骨材を用いて作製した鑄型の充填状態観察結果を示した。粒度指数はすべて一定にしてあるにも関わらず、ムライトサンドおよびジルコンサンドを骨材とした場合は、ほとんど空隙は見られないが、シリカサンドを用いた場合のみ、中心部にあるような黒い空隙が見られる。また、それぞれの骨材の形状を見てみると、ムライトサンドは完全な球形をしており、シリカサンドは不定形状になっていることが分かった。そこで、表3には、それぞれの骨材の通気度を手詰め状態と3回つき固めた状態で測定した結果を示した。不定形状のシリカサンドは、球状のムライトサンドに比べて手詰め状態の通気度が高いことが分かった。つまり軽く砂を充填した状態では、シリカサンドを骨材に使用すると空隙が多くなると考えられた。

ところで自硬性鑄型の場合、生砂型やCO鑄型などと比較して鑄型を作製するとき、硬化剤が固まる前に素早く充填し、短時間で成型しなければいけないため、十分につき固めることは不可能となる。そのため、図6に示したように、流動性の良い球形の形をしているムライトサンドは、特に充填性が良くなり、空隙が少なくなったと考えられた。一方シリカサンドの場合、形状が一定で無く、また流動性が悪いいため、充填したときに空隙が多く発生し、この隙間が鑄型全体の断熱効果を高くし、結果として熱伝導率が低下したと考えられた。以上の結果より、有機自硬性鑄型用骨材としてのシリカサンドとムライトサンドを比較した場合、ほぼ同等の冷却性能になったものと考えられた。

5 結 論

有機自硬性鑄型用骨材としてシリカサンド、ムライト

サンドおよびジルコンサンドを使用した鑄型の伝熱特性を、アルミニウム合金を用いて比較した結果、以下の結論が得られた。

- 1) アルミニウム合金の冷却速度、流動長、機械的性質や組織などから判断して伝熱特性が最も優れているのは、ジルコンサンドであり、シリカサンドとムライトサンドは、ほぼ同等となることが分かった。
- 2) シリカサンドは有機自硬性鑄型用骨材として使用し

た場合、流動性が悪いため、鑄型内での充填性がムライトサンドに比べて低下し、空隙が発生し易くなり、鑄型全体の熱伝導率が悪くなるため、伝熱特性がムライトサンドとほぼ同等となると考えられた。

文 献

- 1) 久保 公雄、大中 逸雄、福迫 達一「最適化手法による砂型の熱伝導率の測定」：鑄物, 53. 1981. 31.