

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 23 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26820333

研究課題名(和文) 鋳型内サイクロンによる凝固組織制御を利用した高強度精密ダイカスト法の開発

研究課題名(英文) High-strength and precision die casting method by controlling solidification structure using in-mold cyclone.

研究代表者

平田 直哉 (Hirata, Naoya)

東北大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：70507897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：ダイカスト時にスリーブ内に溶湯を注湯する際の温度を適切に制御することで、スリーブ内にて半凝固状態を保持できることがわかった。また初晶晶出の余地を適切に残すことで、射出後の金型内での凝固も制御することができ、従来ダイカスト法では実現できなかった超微細初晶組織を得ることができることがわかった。薄肉部の流動性や寸法精度についても従来ダイカスト法と比較し改善可能であることがわかった。

研究成果の概要(英文)：Die casting alloys could be kept as semi-solid state slurry in the shot sleeve by controlling a pouring temperature. In addition, very fine microstructure could be obtained by controlling the amount of initially solidified phase, which could not be obtained by conventional die casting method. Fluidity and dimensional accuracy by the proposed method were also higher than those by the conventional method.

研究分野：金属生産工学

キーワード：鋳造 ダイカスト 半凝固鋳造

1. 研究開始当初の背景

半凝固鑄造は金属を固液共存温度まで冷却・保持することで半凝固金属(スラリー)を得て、これをダイカストマシンで金型に圧入することで成形する技術である。見かけの粘性が高く層流充填となるためガス巻き込み欠陥が少なく熱処理性が良い。また低温成形のため熱収縮が少なく、アルミ合金を用いた場合も亜鉛合金と同等の寸法精度が得られるとされる。しかし、一般に半凝固鑄造法は巨大・高価な追加設備が必要であり、また初晶形状が丸く微細かつ均一な高品質スラリーを安定して生成・供給するには高度な制御技術が必要なため、実用化例は少ないのが現状である。また半凝固鑄造に用いられる合金は、半凝固状態温度範囲が広くスラリー生成・保持の容易な AC4CH 合金(Al-Si-Cu 系)がほとんどで、高強度が期待できる展伸材への応用は、スラリー生成や製品成形に関する知見が少ないためほとんど行われていない。

2. 研究の目的

強力な冷却・攪拌とガス巻き込みのない高品質スラリー生成を両立するため、サイクロン構造によるスラリー生成装置をダイカスト金型内に内蔵し、ダイカストマシンの強力な射出力と金型による強力な冷却を利用した、超微細高品質スラリー生成技術およびこれを高強度材料に展開した高品質製品成形のための技術確立を目指す。

3. 研究の方法

半凝固スラリー生成のための追加設備を不要とする手法を用いる。当初目標としては、金型内に急冷かつ強攪拌が得られるサイクロン構造を有するキャビティを設置し、そこで半凝固状態の金属を生成する最適条件を計算により探索する。各種合金への適用可能な基本的知見を整理した後、展伸材への展開を図る。

4. 研究成果

まず金型内における溶湯の冷却挙動と、その解析手法確立を目指した。その結果、鑄型内にサイクロンを設置して冷却・攪拌制御するためには、最も重要なのは装置の入り口および出口位置であることがわかった。ダイカスト金型にて適切な出入り口を設置するには制限が多いことがわかったため、入り口部分、すなわちスリーブ内の溶湯制御を精密化することにより解決を試みた。

ダイカスト時にスリーブ内に溶湯を注湯

する際の温度を適切に制御することで、スリーブ内にて半凝固状態を保持できることがわかった。

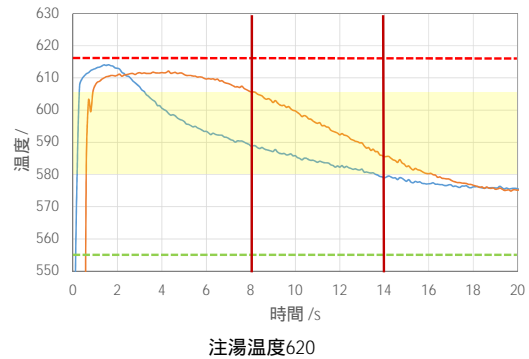


図1 スリーブ内温度

図1に、AC4CH 合金を 620 でスリーブに投入した後の、スリーブ内の温度履歴を示す。青線が溶湯下部、赤線が上部の温度であり、黄色い背景で示す領域が半凝固温度域である。従来、スリーブ内で凝固しないように高温で投入する傾向があったが、適切な温度・量・保持時間によりスリーブ内半凝固スラリー生成が可能であることが確認できた。一方、その後の射出による製品成形時の組織と、スリーブ内で半凝固状態であることとの関連は必ずしも必要でないこともわかった。

製品部分において極めて微細な初晶を有するためには、射出直前のスリーブ内において、溶湯内に初晶晶出の余地を適切に残しつつ可能な限り低温とすることで、射出後の金型内での凝固も制御することができ、従来ダイカスト法では実現できなかった超微細初晶組織を得ることができることがわかった。以下に得られた組織の例を示す。

まず AC4CH の組織をみると、低温でスリーブ投入後 2 秒保持した場合の製品部組織を図 2 に示す。

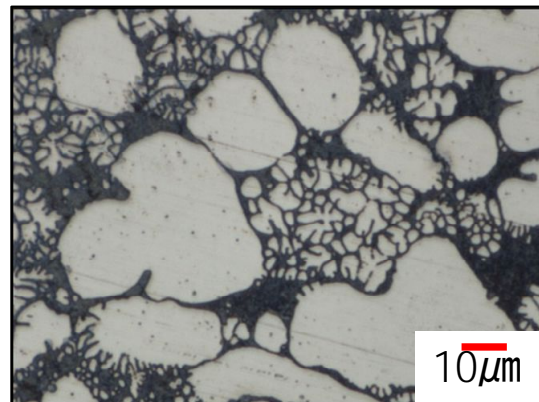


図2 AC4CH 合金-過熱度 20K-保持 2 秒

また投入後直ちに射出して得られた組織を図3に示す。

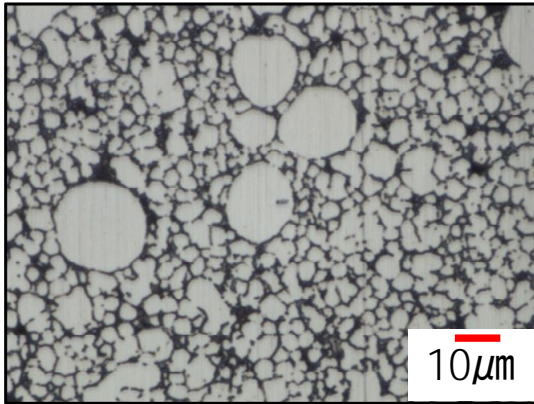


図3 AC4CH 合金-過熱度 20K-保持 0 秒
保持時間を短くし、初晶晶出の余地を残すことで、一見して微細な初晶が多く分布する様子が観察できた。

続いて展伸材である 7075 合金の結果を示す。

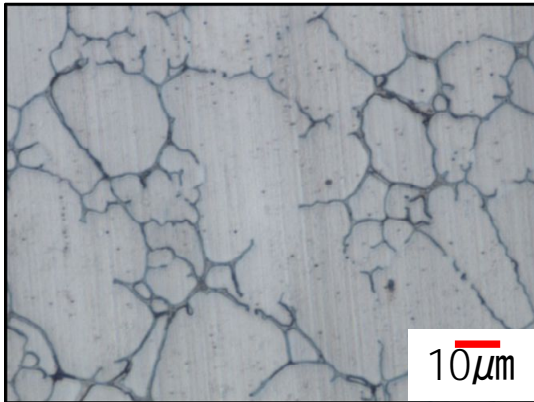


図4 7075 合金-過熱度 20K-保持 1 秒

図4に、低温で溶湯をスリーブに投入後、しばらくスリーブ内で保持し、初晶がほぼ晶出しきった場合の製品組織を示す。粗大な組織となっていることがわかる。一方図5は速やかに射出した場合の組織である。一見して極めて微細な初晶が分布している様子が見て取れる。

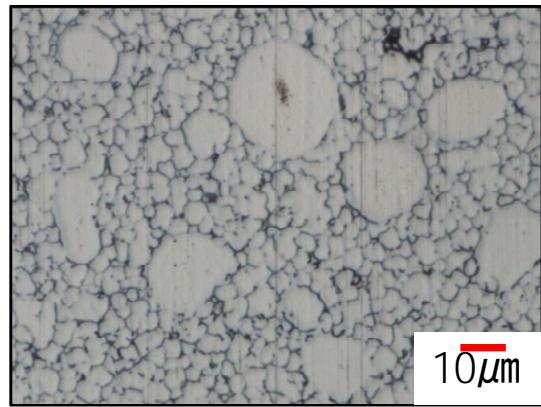


図5 7075 合金-過熱度 20K-保持 0 秒

続いて、AC4CH の流動性を以下に示す。

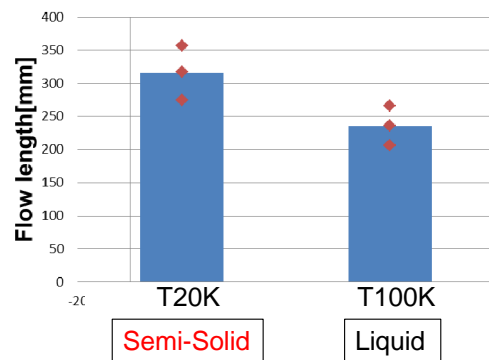


図6 AC4CH 合金の流動性
(保持時間 0 秒)

図6はAC4CH合金の鋳型内流動長を測定した結果である。AC4CH合金においては低温でスリーブに投入した半凝固鋳造法のほうが流動長が伸びることがわかった。一方図7は7075合金の場合である。AC4CHと比べると投入温度による差は小さいが、高温注湯と同程度の流動性を確保していることがわかる。

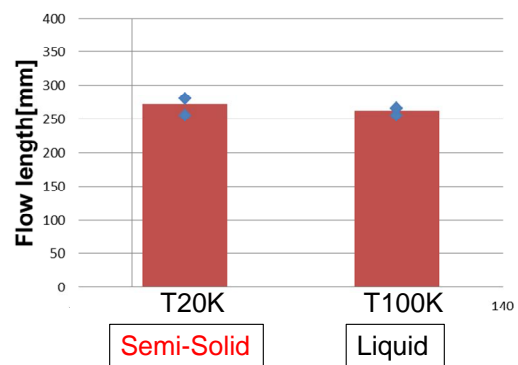


図7 7075 合金の流動性
(保持時間 0 秒)

半凝固鋳造法によれば寸法精度、機械的性質の向上が望めることから、7075においてもAC4CHと同様に性能向上が期待できる。

以上より，鋳型内にサイクロンを設置せずとも，スリーブ内にて適切な温度・固相率制御を行うことで展伸材においても超微細組織を有する半凝固ダイカストが可能であり，良好な流動性・寸法精度・機械的性質が望めることがわかった．

5．主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計0件)

[学会発表](計0件)

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

6．研究組織

(1)研究代表者

平田 直哉 (HIRATA, Naoya)

東北大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号：70507897