

鋳造シミュレーションおよび3Dプリンタを用いた鋳型製造技術の開発

著者	鎌田 尚幸, 清水 一道, 船曳 崇史
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	26
ページ	52-54
発行年	2016-02
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008952

鑄造シミュレーションおよび3Dプリンタを用いた鑄型製造技術の開発

著者	鎌田 尚幸, 清水 一道, 船曳 崇史
雑誌名	室蘭工業大学地域共同研究開発センター研究報告
巻	26
ページ	52-54
発行年	2016-02
URL	http://hdl.handle.net/10258/00008952

鋳造シミュレーションおよび3Dプリンタを用いた 鋳型製造技術の開発

鎌田 尚幸*1, 清水 一道*2, 船曳 崇史*3

1 緒言

近年、鋳造技術の発展に伴って、鋳型の複雑形状化や短納期化が求められている。従来では、鋳造技術者の経験や勘をたよりに鋳造方案を作成し、試験鋳込みを繰り返し行ってきたが、複雑形状化による特殊な中子の使用によって木型のコストが高くなり、納期についても長期化してしまう。そこで、鋳造シミュレーションによる湯流れや凝固解析を行うことによって、コストの低下や納期の短縮化が可能になる。

また、近年、3Dプリンタ技術は鋳造品の生産に活発に取り入れられており、試作品の製作から鋳型の造形まで実施でき、納期の大幅な短縮が実現可能である。

そこで、本研究ではCADによって鋳造方案を作成し、シミュレーションを用いて湯流れや凝固解析を行うことで、鋳造欠陥の抑制などについて最適な鋳造方案を検討する。また、最適化した鋳造方案を基に積層RPなどの3Dプリンタ技術を用いて実際に鋳型を製作し、鋳込みを行うことでシミュレーションによって得られた結果との比較検討を行う。

2 シミュレーションによる鋳造方案の検討

2.1 3Dプリンタによる模型の製作

本研究では複雑な形状にて鋳造されることの多い自動車部品の中からマニホールドを対象とし、鋳造方案の検討を行った。シミュレーションによる解析を行う前に実際に対象となる部材を直に確認しながら、湯口、湯道、押湯などの位置を検討するため、3Dプリンタ

(AGILISTA-3000 KEYENCE 製)を使用して樹脂造形によるマニホールドの模型製作を行った。製作した模型を図1に示す。製作した模型を使用して鋳造方案の検討を行い、設計した鋳造方案についてCADを使用してデータ化し、凝固解析シミュレーションを行うことで、ひげ巣などの鋳造欠陥の抑制などの観点から最適となる鋳造方案について検討を行った。



図1 3Dプリンタで製作した模型

2.2 シミュレーションによる凝固解析

はじめに対象となるマニホールドの形状において、ひげ巣欠陥の発生しやすい位置を特定するため、押湯などは使用せず、湯口のみを設定してシミュレーションソフト(JSCAST クオリカ株式会社製)による凝固解析を行った。材料は鋳込み実験においても使用するAl-Si-Mg系アルミ合金とした(材料記号AC4C)。このアルミ合金は耐食性、耐圧性に優れているため自動車部品などに幅広く使用されている。シミュレーション解析結果を図2に示す。図2より最終凝固部はフランジおよびボス部分となっており、これらの部位においてひげ巣が生じやすいことが確認された。

図2の解析結果よりひげ巣が生じやすい部位を特定したため、最終凝固部をこれらの部位が移動させ、ひげ巣を抑制するために湯道や押湯の設定を行った。図3に設計した鋳造方案を示す。図3について凝固シミュ

*1: 伸和機型株式会社

*2: 室蘭工業大学 もの創造系領域機械工学ユニット

*3: 室蘭工業大学 物質工学専攻

シミュレーションを行った結果を図 4 に示す。図 4 より、最終凝固部はボスやフランジとなっており、引け巣の発生予測箇所が図 2 と比較して大きく変化していないことから、押湯の効果が小さくなっており、大きな改善は得られなかった。

図 4 の方案では押湯の効果が小さく、引け巣の発生について改善されなかったため、図 5 に示すように湯

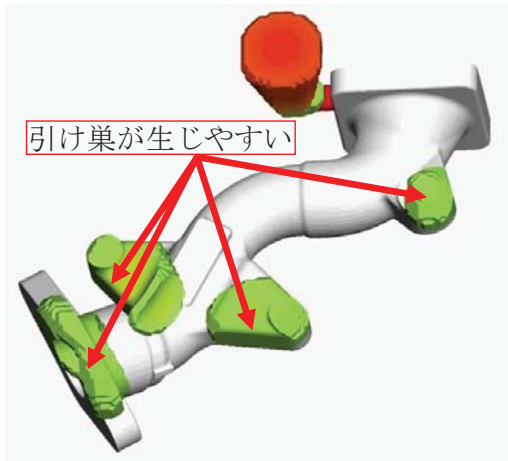


図 2 凝固シミュレーション解析結果

道や押湯を大きくすることで押湯の効果が明確になるように設計し、凝固シミュレーションを行った。シミュレーションの結果を図 6 に示す。図 6 より押湯の効果が大きくなったことにより、本体部分になっていた最終凝固部が湯道近傍部となった。この結果より、図 5 の铸造方案においてはひけ巣を抑制すると推測した。凝固解析の結果、良好な結果が得られた図 5 の铸造方案を元にし、铸込み実験を行うために寸法や形状を考慮しながら再設計し、図 7 に示す铸造方案とした。

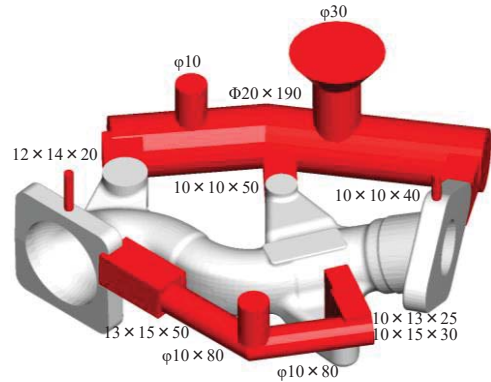


図 5 押湯などを大きく設計した铸造方案

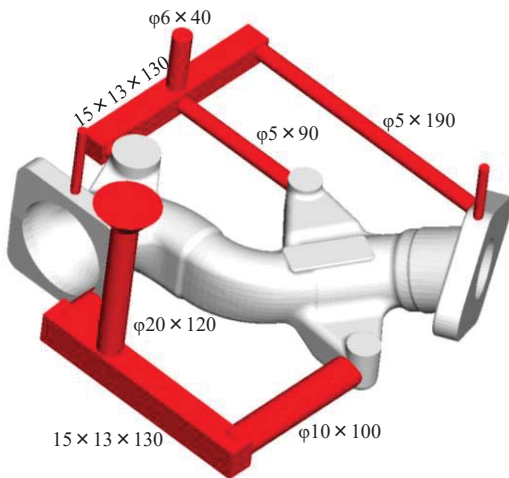


図 3 湯道、押湯を設定した铸造方案

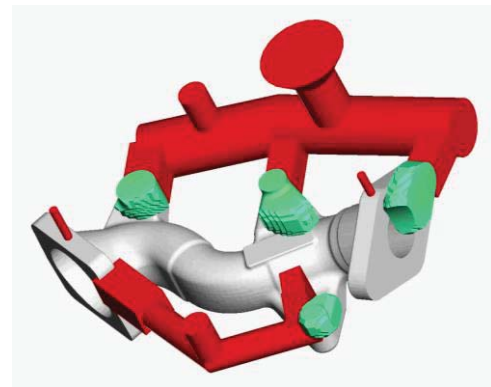


図 6 押湯などを大きく設計した铸造方案の解析結果

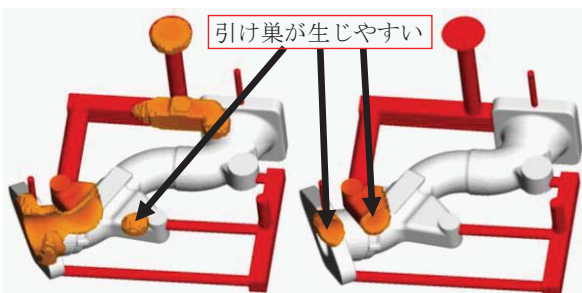


図 4 湯道、押湯を設定した铸造方案の解析結果

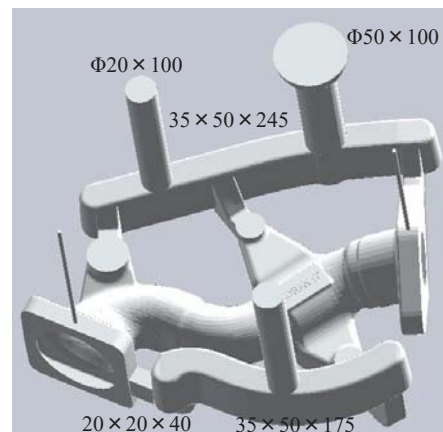
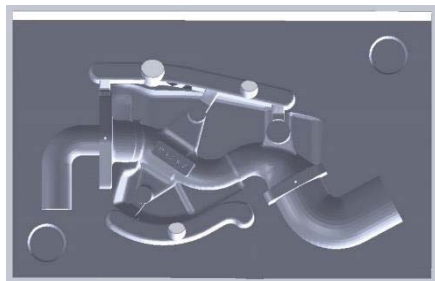


図 7 選定した铸造方案

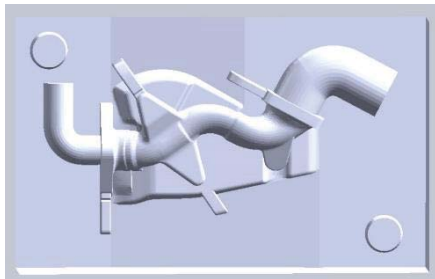
3 3Dプリンタによる鋳型製作及び鋳込み実験

3.1 鋳型の製作

図7の鋳造方案において湯流れや凝固シミュレーションを行った結果、湯流れについては湯の充填率が高く、凝固についても図6で得られた結果と同様の結果が得られ、本体部にひけ巣は確認されなかった。図7の鋳造方案から図8に示す上型と下型の3Dデータを作成し、3Dプリンタ(S-Print)による積層鋳型を製作した。この3Dプリンタはインクジェットプリントを積層硬化法として、粒径140 μm でフラン自硬性タイプの砂を1層0.28mmで積層することで鋳型の製作が可能である。図9に実際に積層によって製作した鋳型と中子を示す。



上型



下型

図8 積層造形に使用した鋳型データ

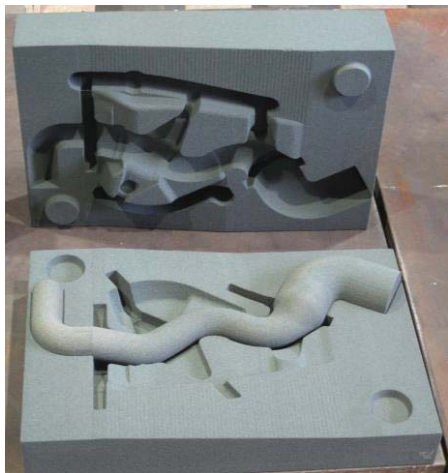


図9 3Dプリンタによって製作した鋳型

3.2 鋳込み実験結果

図9の鋳型を使用して、シミュレーションで想定したアルミニウム合金による鋳込み実験を行った。実際に鋳造したマニホールドを図10に示す。表面や管内部を観察した結果、ひけ巣は発生していなかったため、実際の鋳造品においてもシミュレーションで得られた結果となり、良好な品質となった。しかしながら、今回の鋳造方案は品質を優先的に考慮した結果、投入する原料に対しての本体部に使用した原料の比率である歩留まりが低く、更に湯道を設定した箇所が円形の箇所であることから加工性が悪くなっている。よって、今後は得られた品質を低下させること無く、鋳造方案を改良し、問題点を改善していくことが重要である。

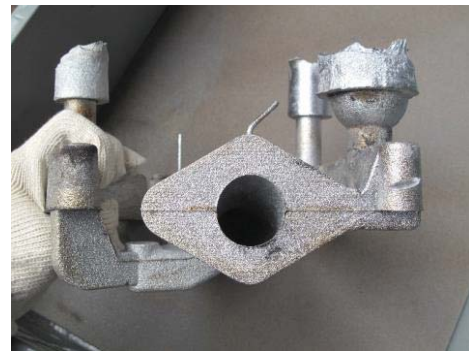


図10 鋳造したマニホールド

4 結言

本研究ではひけ巣の抑制が可能な鋳造方案を湯流れ、凝固シミュレーションによって選定し、実際に積層型の3Dプリンタを使用して鋳型を製作した。製作した鋳型を使用してアルミニウム合金による鋳造実験を行った結果、鋳造品のひけ巣が抑制されており、品質も良好となっていたことから、シミュレーションによる鋳造方案の選定とそれを元にした鋳型造形の有用性が確認された。