

Title	アルミニウム合金鋳物における湯回り不良及びガス巻き込みの予測に関する研究
Author(s)	柏井, 茂雄
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1182
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	柏井茂雄
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22328 号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	Prediction Methods for Misrun and Gas Entrapment in Aluminum Alloy Castings (アルミニウム合金鋳物における湯回り不良及びガス巻き込みの予測に関する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 安田 秀幸 (副査) 教授 田中 敏宏 教授 菅沼 克昭

論文内容の要旨

鋳造技術は素形材製造技術の中核技術として産業の基盤を支えており、高品質な鋳物の製造技術が強く求められている。湯流れ、凝固過程中に生じている物理現象を把握し鋳造欠陥の発生原因やその対策を検討することは高品質鋳物の製造に不可欠であることから、コンピュータを用いた数値解析が開発され、広く利用されるようになってきた。しかし、コンピュータの急速な発展にもかかわらず、数値解析では複雑な物理現象を完全に考慮することは不可能である。このため、しばしば実際の湯流れや欠陥発生状況と完全に一致しないなどの問題があり、数値解析による鋳造欠陥対策を困難にしている。数値解析により欠陥を予測しその対策を行うためには、欠陥発生モデル化、欠陥評価パラメータ等による欠陥予測法の開発、また実際の鋳造現象の観察による数値解析の検証と精度の改善が不可欠である。

本論文は、高品質鋳物の製造が求められているアルミニウム鋳物を対象に、典型的な鋳造欠陥である湯回り不良、湯境およびガス巻き込みなどについて、流動中の凝固や溶湯の合流挙動などを考慮した欠陥予測法を提案し、さらに湯流れ状態の直接観察、モデル鋳物による鋳造実験により提案した予測法の検証を行うことで欠陥予測の可能性を明らかにすることを目的として行った研究をまとめたもので、以下のような構成となっている。

第 1 章は序論であり、本研究の目的と概要について述べた。

第 2 章では、マッシー凝固する Al-Si 系合金板状鋳物について、直接観察実験による湯回り不良の観察を行い、その結果をもとに凝固を考慮した溶湯粘性変化と流動停止評価により湯回り不良欠陥予測を行い、欠陥予測の可能性を示した。また、湯先部の組織観察および水モデル実験から、流動中の気泡、粒子の移動について述べた。

第 3 章では、第 2 章の内容を発展させて、溶湯合流によって生じる湯境、湯じわの欠陥について要素合流と要素充填時の温度分布、固相率分布、速度ベクトルによる溶湯合流評価による欠陥予測を検討した。さらに速度ベクトルによる溶湯合流の評価と固相率評価を組み合わせた複合法により欠陥予測を試み、同法による欠陥予測の可能性を示した。

第 4 章では、重力鋳造法の湯流れ解析について、湯流れの直接観察および水モデルによる直接観察と数値解析結果とを比較し、湯口を含めた解析条件および湯口境界条件の解析精度に及ぼす影響、ポロシティの発生状況について論じた。さらに、実生産されている大型アルミニウム鋳物について、解析結果をもとに改善案を提案し、ポロシティ

欠陥の削減を行った。

第5章では、吸引鑄造プロセスにおける湯流れ挙動についてX線透視装置による直接観察により、減圧速度と溶湯の充填状態およびガス巻き込み状態について述べた。さらに、鑄型内のガス挙動を考慮した湯流れ解析のアルゴリズムを開発し、数値解析結果と直接観察結果とを比較検討し、数値予測の可能性を示した。

第6章は上記の各章の結果、考察を総括した。

論文審査の結果の要旨

鑄造技術は素形材製造における中核技術として産業基盤を支えており、高品質な鑄物の製造技術の確立は強く求められている。湯流れ、凝固過程に起こる物理現象を把握し、鑄造欠陥の発生原因やその対策を検討することは高品質鑄物製造において不可欠であり、コンピューターを用いた数値解析が広く利用されるようになってきた。しかし、鑄造過程の複雑な物理現象を数値解析においてすべて考慮することはできないため、数値解析の結果と実際の湯流れや欠陥発生状況が一致しないことがしばしば起こり、鑄造欠陥対策を困難にしている。数値解析により欠陥発生を正確に予測し、その対策を行うためには、欠陥発生モデル化、欠陥評価パラメータなどを用いた欠陥発生予測法の開発、さらに実際の鑄造現象の観察による数値解析の検証が不可欠である。本論文は、アルミニウム鑄物について、鑄造欠陥である湯回り不良、湯境、ガス巻き込みを対象に流動中の凝固ならびに溶湯の合流などを考慮した欠陥予測法を提案し、さらに湯流れの直接観察、モデル鑄物の鑄造実験によりその予測法を検証した研究成果をまとめている。

第2章では、マッシー凝固するAl-Si系合金鑄物の湯回り不良に関する直接観察実験を行い、その結果をもとに溶湯粘性変化と流動停止評価による湯回り不良欠陥予測を行っている。また、湯先部の組織観察および水モデル実験から、流動中の気泡ならびに粒子の移動の様子を明らかにしている。

第3章では、溶湯合流により生じる湯境、湯じわ欠陥に対して要素合流と要素充填時の温度・固相率分布を用いた予測法を提案している。さらに、溶湯速度ベクトルによる溶湯合流と固相率の評価を組み合わせることで、欠陥予測を試みている。

第4章では、重力鑄造法の湯流れ解析について、湯流れ直接観察および水モデルによる観察と数値解析の結果を比較し、湯口を含めた解析条件および湯口境界条件の解析精度に及ぼす影響、ポロシティの発生状況について論じている。さらに実生産されている大型アルミニウム鑄物を対象に、数値解析による鑄造方案の改善を提案し、ポロシティの削減を試みている。

第5章では、X線透過装置により吸引鑄造プロセスにおける湯流れの直接観察を行い、減圧速度、溶湯の充填状況、ガス巻き込みを明らかにしている。さらに、鑄型内のガス挙動を考慮した湯流れ解析アルゴリズムを開発し、数値解析による欠陥発生予測の可能性を明らかにした。

以上のように、本論文は鑄造技術の革新において不可欠な湯回り不良欠陥、湯じわ欠陥、ポロシティなどの鑄造欠陥予測手法を提案し、X線透視法などを用いた直接観察によりその欠陥予測法の妥当性を検証している。従来にはない湯流れなどの検証に基づいた鑄造欠陥の予測法は、鑄造技術の向上に大きく貢献すると期待され、工学的意義は高い。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。