

Title	鋳物のガス巻き込み欠陥予測に関する研究
Author(s)	木間塚, 明彦
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2329
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	木間塚 明彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22011 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 1 項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	鋳物のガス巻き込み欠陥予測に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 安田 秀幸 (副査) 教授 菅沼 克昭 教授 中谷 彰宏 准教授 吉矢 真人

論文内容の要旨

本研究は、鋳造の湯流れ過程に対して、鋳型キャビティ内背圧および鋳型へのガス排出を考慮した湯流れシミュレーション、およびガス巻き込み欠陥を定量的かつ実用的に予測する手法を開発することを目的とした。直接差分法により支配方程式を離散化し、背圧を考慮した湯流れ凝固およびガス巻き込み欠陥予測シミュレーションプログラムを開発した。また、開発した手法を用いたシミュレーションを様々な湯流れプロセスに適用し、実験結果と比較することによってその有用性を検討した。本研究によって得られた結果は以下のとおりである。

第 1 章では、本研究が必要とされる背景および湯流れに起因する鋳物の欠陥について述べた。また、従来の研究の到達点と課題、そして本研究の目的および構成について述べた。

第 2 章では、直接差分法によるガス移動を考慮した湯流れ凝固およびガス巻き込み欠陥予測シミュレーションのアルゴリズムについて述べた。また、本手法により、従来の手法と比較しても実用的な計算時間で、背圧を考慮したガス巻き込み欠陥のシミュレーションが可能であることを示した。

第 3 章では、本手法を砂型鋳造に適用する場合のキャビティ内ガスと鋳型内ガス圧力の求め方について説明するとともに、計算の安定性について述べた。連成解法は 1 ステップの計算時間は長い、時間刻み幅によらず、安定して解が求められることを示した。

第 4 章では、種々の鋳造方法の湯流れに対してガス移動を考慮した湯流れシミュレーションを適用し、その妥当性を検討した。ダイカストへの適用では、キャビティ内ガス圧力計測およびショートショット実験との比較によって、本手法による金型キャビティ内圧力計算および湯流れ充てんシミュレーションが妥当であることを示した。砂型鋳造への適用では、キャビティ内ガス圧力測定および X 線透過装置を使った直接観察実験との比較を行った。直接観察実験によりガス巻き込みが観察可能であることを示した。また、実験とシミュレーションの充てん過程およびキャビティ内ガス圧力変化は良く一致した結果が得られ、本シミュレーション手法が妥当であることがわかった。

第 5 章では、溶湯によって巻き込まれたガスが浮上する条件について述べた。また、巻き込まれたガスに対して、気泡追跡法による浮力を考慮したガス巻き込み欠陥予測手法について述べた。溶湯の鋳型充てん過程で巻き込まれたガスを凝固終了まで気泡追跡法により追跡することで、微小なガス巻き込み欠陥の最終的な位置を予測できることを示した。

第6章では、ガス巻き込み欠陥を低減するための注湯条件最適化手法について述べた。平板矩形形状のモデルに対して、注湯パラメータを最適化することで、ガス巻き込みおよび注湯時間を最小化する条件を明らかにした。

第7章では、本研究を総括した。

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。本論文では、鑄造の湯流れに対して、鑄型キャビティ内背圧および鑄型へのガス排出を考慮した湯流れシミュレーション、およびガス巻き込み欠陥を定量的かつ実用的に予測する手法を開発することを目的とし、直接差分法により支配方程式を離散化し、背圧を考慮した湯流れ凝固およびガス巻き込み欠陥予測シミュレーションプログラムを開発した研究成果をまとめている。さらに、開発した手法を用いたシミュレーションを様々な湯流れプロセスに適用し、実験結果と比較することによってその妥当性を検討した研究結果も含めている。

第2章では、ガス移動を考慮した湯流れ凝固およびガス巻き込み欠陥予測シミュレーションについて、直接差分法を用いたアルゴリズムを開発している。開発した手法が、実用的な計算時間で、背圧を考慮したガス巻き込み欠陥のシミュレーションに適用できることを実証している。

第3章では、砂型鑄造を対象としたキャビティ内ガスと鑄型内ガス圧力の数値解法を提案し、計算の安定性を検討している。提案した手法では、1ステップの計算に時間がかかるものの、タイムステップによらず安定した計算ができることを示している。

第4章では、ダイカスト、砂型鑄造などの鑄造方法を対象に、湯流れに対してガス移動を考慮した湯流れシミュレーションを適用している。キャビティ内ガス圧力測定およびX線透過装置を使った直接観察実験との比較を行い、計算結果の妥当性を実証している。

第5章では、溶湯によって巻き込まれたガスの浮上について検討している。さらに、巻き込まれたガスに対して、気泡追跡法による浮力を考慮したガス巻き込み欠陥予測手法を提案し、凝固終了まで気泡追跡法により微小なガス巻き込み欠陥の最終的な位置を予測できることを明らかにしている。

第6章では、ガス巻き込み欠陥を低減するための注湯条件最適化手法を検討している。平板矩形形状のモデルに対して、注湯パラメータを最適化することで、ガス巻き込みおよび注湯時間を最小化する条件を明らかにしている。

以上のように、本論文は鑄型キャビティ内背圧および鑄型へのガス排出を考慮した湯流れシミュレーション手法ならびにガス巻き込み欠陥の定量的予測法を提案しており、鑄造技術の向上に大きく貢献する成果であると判断され、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。