

Title	溶鋼中の非金属介在物および気泡の分離に関する研究
Author(s)	三木, 祐司
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/43101">https://hdl.handle.net/11094/43101</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	三木 祐司
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16608 号
学位授与年月日	平成14年1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	溶鋼中の非金属介在物および気泡の分離に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 大中 逸雄
	(副査) 教授 黄地 尚義    教授 碓井 建夫

#### 論文内容の要旨

第1章では、本研究の背景と目的、意義、従来の研究について記述した。

第2章では、第4章から第7章の数値解析で用いた溶鋼流動解析手法と、介在物粒径分布の予測モデルの詳細を記述した。流動解析では、熱対流の影響、自由表面の影響、溶鋼中のガスの影響などを考慮した。

第3章では、RH脱ガスにおけるAl添加後の環流(キルド処理)中の介在物の分離を数値モデル計算と介在物粒径分布の実測値を比較することでその機構を推定した。即ち、乱流による介在物間の合体、凝集、取鍋および真空槽の介在物粒子の軌跡、環流ガス気泡による介在物の捕捉を考慮した介在物の粒径分布の変化を予測するモデルを構築し、実測と比較した。

第4章では、タンディッシュ内の溶鋼中の介在物分離を、同じく、数値モデルと実測値で比較した。タンディッシュの場合、溶鋼流速が小さいために、熱対流の影響を正確に考慮した。さらに、流入溶鋼の温度、介在物濃度について、非定常解析を行い、定常状態までの過渡的な状況を検討した。また、取鍋交換時の介在物分離についても記述した。

第5章では、遠心分離タンディッシュのような回転磁界攪拌浴での介在物の合体、凝集挙動に焦点を当て、モデル実験を行うことでその機構を考察した。溶鋼を回転させながら凝固させることで、凝集途上の介在物を固定して、その粒径を測定し、これらの結果を理論的なモデルによる計算値と比較した。

第6章では、回転磁界を用いることにより、溶鋼に水平回転流を与え、介在物の分離を促進する新しい介在物分離プロセス(遠心分離タンディッシュ)の開発を行った。実機実験、数値解析を実施し、その脱酸能力と介在物分離機構について記述した。

第7章では、鋳型内の介在物分離について、浸漬ノズルから吹き込まれるAr気泡の影響について、鋳片に捕捉された気泡、さらに、気泡に捕捉された介在物を調査した。水モデルによる気泡の分布の観察、あるいは、流動解析による気泡の挙動を計算し、鋳型内での気泡・介在物挙動について記述した。

第8章では、第7章で記述したような凝固シェルへの気泡の捕捉が製品欠陥となることから、凝固シェルへの気泡の捕捉を抑制するため、将来技術の開発を目指して、超音波印加による凝固シェルへの気泡・介在物の捕捉に関するモデル実験を行い、効果、機構を記述した。

第9章では、以上の研究結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

非金属介在物やブローホールは、製品欠陥となることから、溶鋼中の非金属介在物や気泡の効率的な分離が望まれている。しかしながら、非金属介在物や気泡の分離現象は非常に複雑であるため、実際の製造プロセスにおける定量的な解明は十分にはなされていない。

本論文は、数値解析、モデル実験、実機での調査などを行うことで、その素過程の解明および低減策の模索を試み、その成果をまとめたものである。すなわち、鋼の大量生産プロセスである、転炉-RH脱ガス-連続铸造における介在物および気泡の分離機構を解明し、操業の改善および新プロセスの提案・開発を行ったもので、得られた知見を要約すると以下の通りである。

- (1) RH脱ガス処理中に、脱酸剤添加直後に生成されるデンドライト状の大型介在物が分離され、新たにクラスターが生成されることを見出し、この知見を基にクラスター生成と除去のバランスによる介在物の新しい粒径分布モデルを構築すると共に、環流ガス気泡による介在物捕捉の重要性を見出している。
- (2) タンディッシュ内容鋼中の介在物に関して、合体・凝集・浮上分離・再酸化による介在物分離・生成の影響を定量的に明かにし、さらに非正常時の介在物分離挙動を明確にしている。
- (3) 合体途上の介在物粒径の詳細な調査によって、回転磁界攪拌浴での介在物の合体・凝集機構が乱流凝集であることを初めて実証している。また、回転磁界攪拌によって、回転軸芯部に介在物が集積し、脱酸が促進されることを明らかにし、回転磁界攪拌を利用した新しい遠心分離タンディッシュの開発に成功している。
- (4) 実機寸法の水モデル実験、数値解析、実機の铸片の気泡分布を比較することによって、連続铸造铸型内の溶鋼における洗浄効果の影響を明らかにしている。また、気泡による介在物の捕捉が铸型内で生じていることを初めて実証している。
- (5) 気泡・介在物捕捉抑制のための将来技術として、凝固シェルへの超音波印加法を提案し、液中に吹き込まれた気泡が、超音波印加によって凝固界面から引き離される現象を初めて見出し、この現象を理論的に説明している。

以上のように、本研究は、溶鋼中の介在物・気泡の分離過程という非常に複雑な現象に関して、鋼の大量生産プロセスにおける分離現象を詳細かつ統一的に検討し、従来研究には無かった貴重な知見を得ている。更に、操業方法の提案および新プロセスの開発を行い、工業的にも利用されるなど、金属プロセス工学の進歩および関連する工業技術に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。