



Title	鋼の連続鋳造における移動磁界の利用に関する研究
Author(s)	綾田, 研三
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/40292">https://hdl.handle.net/11094/40292</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 href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	あや 綾 田 研 三
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 8 5 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 3 月 18 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	鋼の連続鋳造における移動磁界の利用に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大 中 逸 雄 (副査) 教 授 原 茂 太 教 授 碓 井 建 夫

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、鋼の連続鋳造における移動磁界の利用技術について溶鋼流動におよぼす電磁力の影響と鋳片品質の改善、注湯流量制御など移動磁界の新たな利用方法に関する研究をまとめたものである。

第1章では、製鋼分野における移動磁界の利用技術の現状など、本研究の背景、目的および論文内容についての概略を記している。

第2章では低融点金属と溶鋼の流速におよぼす移動磁界の影響について検討している。低融点金属の攪拌実験では流速に及ぼす移動磁界の磁束密度、周波数、容器半径の影響を明らかにしている。また、10 Hz 以下の低周波数の攪拌が商用周波数の攪拌に比べ攪拌効率が低下する理由について検討し、流速を推定できる実験式を得ている。また溶鋼の攪拌実験では流動に及ぼす鋼の炭素含有量及び過熱度の影響がほとんどない事を明らかにしている。

第3章では実際の連続鋳造機において回転磁界型電磁攪拌装置を用いることによる鋳片品質改善の可能性について検討している。そして、鋳型内攪拌実験による負偏析に及ぼす炭素含有量の影響の解明、鋳型下の二次冷却帯電磁攪拌と鋳型内電磁攪拌の負偏析生成に及ぼす影響などを明らかにしている。また鋳型内電磁攪拌の方が鋳片内部品質の改善には優れている事を見いだしている。さらに鋳型内電磁攪拌に凝固末期電磁攪拌を組み合わせる事により中心偏析がより改善される事を明らかにしている。

第4章ではリアモーター型鋳型内電磁攪拌装置を曲げ型スラブ連続鋳造機に設置し、介在物および気泡の改善について検討している。モデル実験、流動解析および実験により鋳型内での移動磁界の方向を下向きとした攪拌方法がメニスカスでのパウダー巻き込み、鋳型深部への介在物、気泡の侵入を防止する効果が大きい事を明らかにしている。

第5章では回転磁界を用いた新たな注湯流量制御について検討している。回転磁場による流動制御特性を明らかにすると共に実用化に適した構造を提案している。

第6章では回転磁界を用い注湯ノズル内で溶鋼の温度を低下させ低温鋳造を行う方法について検討している。ノズル内での冷却特性におよぼす注湯中の溶鋼の回転流速の影響を解析し、連続鋳造に用いた場合、十分な温度降下を得

られる可能性がある事を明らかにしている。

第7章では以上の結果についての総括を記している。

## 論文審査の結果の要旨

連続铸造機における電磁攪拌は铸件品質の改善に大きな効果がある事が認められており、国内外で広く採用されるに至っている。また、非鉄の分野に比べ、鉄鋼の分野では耐火物の強度不足、高温での溶湯の保温が困難である等の問題があるため、移動磁界の利用は取鍋精錬および連続铸造における電磁攪拌に限られており、その歴史は新しい。このため連続铸造プロセスにおける電磁攪拌の利用に際し、その効果を最大限に引き出すための研究と移動磁界の利用方法を拡大し、製品品質、操業の改善に役立てるための研究が求められている。本研究は移動磁界が溶湯流動におよぼす影響を電磁気特性、冶金学的見地から検討すると共に、回転磁界を用いた新しい移動磁界の用途について実験、解析に基づき提案を行ったものである。

得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) 回転磁界の溶鋼攪拌速度に及ぼす磁束密度、周波数、容器半径、および溶湯の電気伝導度、密度の影響について検討を行い、従来から報告されている低周波数交流磁場下での攪拌効率の低下現象を明らかにし、実用上良く利用される商用周波数及び10 Hz以下の低周波数領域で攪拌強度を推定できる実験式を提案している。また、炭素含有量0.2~1.0 mass %の鋼に対しては、同一攪拌強度において炭素含有量及び溶鋼過熱度の攪拌流速への影響はほとんどない事を明らかにしている。
- (2) 電磁攪拌による溶鋼流速の負偏析、凝固組織および中心偏析に及ぼす影響を検討し、鑄型内電磁攪拌により、二次冷却帯電磁攪拌に比べ負偏析がより軽減されること、炭素量が低下するほど負偏析が増加すること、およびより広い等軸晶帯を得る事ができることを見いだしている。そして、負偏析がより軽減される理由は、鑄型内では固液共存幅が小さいためであり、炭素量の低下と共に負偏析が増大するのは、溶鋼流動により洗浄を受ける領域が相対的に広がるためであることを明らかにしている。また、より広い等軸晶帯を得る事ができる理由は、攪拌により溶鋼プール内の温度が均一化され、鑄型への熱移動が促進されるためであることを明らかにしている。さらに等軸晶が生成しやすい中炭素鋼の中心偏析は鑄型内電磁攪拌だけでほぼ十分な程度に改善されるが、等軸晶が生成しにくい低炭素鋼や高炭素鋼においては単独攪拌での改善が困難であり、鑄型内電磁攪拌に凝固末期電磁攪拌を組み合わせる事により中心偏析の改善が可能であることを明らかにしている。
- (3) スラブ連続铸造の鑄型内での曲げ内側の介在物、気泡の集積に及ぼす鑄型内のリニアモーターの攪拌方向、攪拌強度の影響について検討を行い、下向き攪拌により、パウダー巻き込みが防止され、安定した介在物および気泡の低減効果が得られる事を見いだしている。そして、この理由は下向き攪拌により、ノズルからの吐出流の鑄型短片側への衝突が弱まり、短片に沿った狭い領域に形成される強い上昇流と下降流が分散され弱められるためであることを明らかにしている。
- (5) 移動磁界の新たな利用法として、回転磁界を用いた電磁バルブを考案し、流量制御特性を明らかにしている。本法を実際の連続铸造プロセスに適用した場合、攪拌がない場合に比べ30~50%流動を低下でき、広い範囲にわたる流量制御特性がある事を明らかにしている。
- (6) タンディッシュー鑄型間のノズル部に回転磁界を用いて注湯中の溶鋼を回転させると共にノズル表面を空冷し低温铸造を行う方法を提案している。そして、ノズルの冷却特性と溶鋼回転流速の関係を解析し、注湯流量5 kg/s程度のピレット連铸に用いた場合、ノズル内で0.08 Tの磁束密度で1 m/s程度の回転流速を溶湯に与えることにより、約30°Cの温度降下が得られる可能性がある事を明らかにしている。

以上のように、本論文は連続铸造における移動磁界の利用について検討を行い、連続铸造铸件の凝固組織、偏析におよぼす電磁攪拌の流動を明確にしている。また、新しい移動磁界の利用方法を提案し、溶鋼を用いたテストにより実用化の可能性を示しており、材料工学、特に铸造工学の発展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。