

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	マイクロ波加熱ロータリーキルンによる銑鉄製造の研究
Title(English)	
著者(和文)	梁川雅弘
Author(English)	masahiro yanagawa
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9270号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林 幸,多田 英司,腰原 伸也,西方 篤,須佐 匡裕,永田 和 宏,柴田 修一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9270号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	物質科学	専攻	申請学位 (専攻分野)：	博士 (工学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of
学籍番号：			指導教員 (主)：	林 幸
Student ID Number			Academic Advisor(main)	
学生氏名：	梁川 雅弘		指導教員 (副)：	永田 和宏
Student's Name			Academic Advisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

鉄鋼分野の CO₂ 排出削減や劣質原料使用拡大に対する解決策としてマイクロ波加熱製鉄法の研究が行われている。本研究ではマイクロ波加熱製鉄法の大型化、効率化を行う事を目的とした。そのため、炉体にはロータリーキルンを採用し、マイクロ波加熱ロータリーキルン製鉄炉を開発、製造した。そして、この炉を使用して製鉄実験を行い、マイクロ波加熱製鉄法の大型化に成功し、また、連続化、大型化について望ましいと考えられる方法を提案した。第 1 章では、現在の鉄鋼分野での CO₂ 排出、製鉄原料の問題について述べ、その解決方法の一つとしてマイクロ波製鉄法の有用性を示し、その大型化、高効率化を進めるため、炉体にロータリーキルンを使用することが有効であることを指摘し、本研究の必要性を述べ、その目的を述べた。第 2 章では、本研究で開発したマイクロ波加熱ロータリーキルンの特性について述べ、従来のロータリーキルンとの違いを明らかにした。また、過去のマイクロ波加熱製鉄実験の結果を基に、炉の大型化を行い、各部をマイクロ波加熱製鉄に適した構造、形状とした。第 3 章では、ロータリーキルン内部の原料の運動がその温度上昇に与える影響について明らかにした。シングルモードマイクロ波加熱炉を使用して黒鉛粉を振動させた実験と、マイクロ波加熱ロータリーキルンを使用した黒鉛粉加熱実験を行った。シングルモードマイクロ波加熱炉を使用した振動実験の結果、被加熱試料への振動を増すことで温度が低下した。マイクロ波加熱ロータリーキルンを使用した実験では、レトルト回転数増加により被加熱試料の温度が低下した。これから、被加熱試料の温度低下は、被加熱試料の熱が冷えたレトルト内壁面に移動することによるものであることを明らかにした。第 4 章では、レトルトを静止させた状態でマイクロ波加熱製鉄の実証実験を行った。また、MgO 坩堝、Al₂O₃ 坩堝、多孔質ムライトレンガと MgO セメントを組み合わせた坩堝のうち、最も有効な耐火物を調査した。実験の結果、多孔質ムライトレンガに MgO セメントの内貼りを設けた坩堝で行った実験で最も多く銑鉄を回収し、この構成が有効であることを明らかにした。さらに、レトルト回転可能な形状の反応容器を作成し、最も効率的な反応容器の大きさ、構造を明らかにした。実験と計算による結果から、放熱を抑えるためには輻射を低減させることが最も効果的であることを指摘した。また、熱収支を取り、耐火物への熱の消費が最も多いことを明らかにし、マイクロ波を吸収しやすい材質を使用した場合には銑鉄の生成が妨げられることを指摘した。原料をマイクロ波を反射する物質の上に置いた場合にはその部分からのマイクロ波吸収が阻害され、原料の加熱の妨げになることを指摘した。第 5 章では、前章で使用した耐火物の損傷に注目し、使用する耐火物の種類と、さらに、レトルト回転数の影響について明らかにした。マイクロ波加熱製鉄では高温下でセラミクスがマイクロ波を吸収し、急激に昇温するサーマルランナウェイによる耐火物の自己溶融が問題となる。耐火物の種類について、Al₂O₃ は鉄酸化物と反応して溶損すること、MgO は高温でも鉄酸化物と反応し難いが、高温でマイクロ波を吸収するため原料へのマイクロ波吸収量が減少することが明らかになった。多孔質ムライトレンガに MgO セメントの内貼りを設けた坩堝は、内部の MgO が外部の多孔質ムライトボードの溶損を防止する構造となっており、この坩堝が有効であることを明らかにした。また、レトルト回転によって、高温になった原料と耐火物の定常的な接触が解消され、温度を低く保つこと出来、耐火物のサーマルランナウェイによる溶損を防止出来ることを明らかにした。第 6 章ではレトルトを回転させた製鉄実験を行い、回転数数の変化が炉内状況に与える影響を明らかにした。第 3 章での結果と本章の結果から、レトルト回転により被加熱物の温度が均一になること、回転速度が速すぎる場合、原料と銑鉄の耐火物との接触増加により温度低下が起こり、銑鉄生成から還元鉄生成が優位になることを明らかにした。さらに、レトルト回転により銑鉄中の S 量が減少することを指摘した。第 7 章ではレトルトの回転数を固定し、原料を様々な供給速度に設定し連続供給する実験を行い、原料供給量変化が操業中の生成物の状態に与える影響を明とした。実験の結果、原料供給量が多すぎる場合には反応容器内部の温度が低下し、銑鉄生成より還元鉄生成が優位になること、耐火物のサーマルランナウェイを抑制することを指摘した。銑鉄の成分については前章の実験と比較して銑鉄中 P 濃度が上昇した。これは、気化 P がすでにある銑鉄中に吸収されたためと推察した。これらの結果に基づいてマイクロ波加熱ロータリーキルン製鉄炉の連続操業に望ましい耐火物構成と、連続化、大型化の手法を提案した。第 8 章で本論文を総括した

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	物質科学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	林 幸
学生氏名 : Student's Name	梁川 雅弘		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	永田 和宏

要旨 (英文 300 語程度)
Thesis Summary (approx.300 English Words)

In recent years, iron and steel making field has problems of global warming gas discharge and expansion of poor raw material usage. To solve these problems, microwave-ironmaking method attracts attention. In microwave heating, powder ore and powder carbon generate heat by themselves from inside of it, which can keep low temperature in the process and save energy. Now, microwave-ironmaking has been a success in laboratory-scale experiments, and the research proceeds to the next stage of larger scale experiments. In this investigation, to establish a continuous microwave-ironmaking method, rotary kiln is used as microwave applicator. In each chapter, suitable construction of inner refractory and effect of raw material supply speed and kiln shell rotating speed were researched. The results of this study are follows. The volume capacity and maximum out-put power of microwave of the rotary kiln were decided, it was based on the former study and the scale-up of the rotary kiln succeed. Uniformity in the temperature of raw material was achieved by the kiln shell rotation. As for the refractory construction, decreasing the heat transfer of radiation is effective to make pig iron. There is a need of sufficient space between raw materials with micro wave reflective materials for microwave absorption of raw materials. For energy efficiency, reducing the used amount of refractory and the use of the material with low microwave absorption are effective. Prevention of refractory degradation, reducing the sulfur concentration of pig iron and a secure progress of the reduction reaction were achieved by kiln shell rotation. The experiments with continuous supply of raw material succeed and degradation of refractory was reduced by increasing the raw material supply speed. From these results, the suitable construction of reaction container was decided and the method of scale-up of the microwave-heating rotary kiln was proposed.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).