

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：特定領域研究
 研究期間：2006～2010
 課題番号：18070003
 研究課題名（和文） マイクロ波照射 低温・高酸素ポテンシャル迅速高度製鉄法の開発
 研究課題名（英文）
 Rapid pig-iron making by microwave radiation at low temperature and high oxygen potential
 研究代表者
 永田 和宏（NAGATA KAZUHIRO）
 東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
 （研究者番号） 70114882

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学、金属生産工学

キーワード：鉄鉱石、還元、銑鉄、マイクロ波加熱、低温製鉄、炭材内装ペレット、還元速度

1. 研究計画の概要

(1) マイクロ波加熱銑鉄製造法の基礎研究

- ①鉄鉱石と黒鉛粉の混合粉末の反応機構
- ②鉄鉱石と黒鉛粉の誘電率と透磁率の測定
- ③電場・磁場加熱特性と X 線回折のその場観察

(2) マイクロ波加熱連続製鉄法の基礎研究

- ①マイクロ波炉での原料連続装荷銑鉄製造法
- ②高効率マイクロ波加熱反応炉の開発
・20kW マイクロ波集中型加熱炉の開発
・マイクロ波加熱ロータリーキルン炉開発

(3) 銑鉄日産 1 トン炉の開発

- ①シャフト型マイクロ波炉の基礎研究
- ②クライストロンによる日産 1 トン炉の設計

(4) 有用金属のマイクロ波加熱回収法開発

- ①電子レンジ製鉄法と鉄の溶解
- ②ステンレス酸洗スラッジから Ni と Cr の回収
- ③イルメナイトからのルチルの分離

2. 研究の進捗状況

(1) マイクロ波加熱の研究：鉄鉱石と黒鉛粉の混合粉末の反応は 2 段階の反応からなり約 10 分で 1370℃に達し熔融銑鉄が生成して溶け落ちる。マイクロ波吸収能力は物質により異なるので、反応初期は Fe_3O_4 が磁場エネルギーを吸収して発熱し、温度上昇に応じて黒鉛も発熱する。後期は黒鉛が発熱する。FeO も発熱するが、還元鉄になると発熱しない。すなわち大きな非平衡場が存在する。

(2) 連続製鉄炉：原料自体が発熱し反応するが、輻射熱の散逸防止のための断熱レンガ等がマイクロ波を吸収しないよう工夫する必要がある。

(3) 120kW マイクロ波加熱炉の設計：シャフト下部にマイクロ波照射を集中させる。30kW クライストロンを 4 台設置し、ミラーで伝送し照射させる。アプリケーションは直径

2.5m 高さ 4m の釜型である。

(4) 有用金属の回収：イルメナイトの酸化鉄成分を炭素熱還元して銑鉄で分離し 2 時間で TiO_2 を分離した。ステンレス酸洗スラッジを黒鉛粉で還元し、10 分で熔融銑鉄中に Ni と Cr を 80%回収した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

理由：本研究では、銑鉄日産 1 トンのマイクロ波炉で実証する予定である。当初の計画では 180kW 炉を設計していたが、平成 21 年度と 22 年度の予算が合計約 2000 万円削減されたために 120kW 炉に縮小することを余儀なくされた。それ以外の課題の進捗状況は順調に進展している。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 120kW クライストロン型マイクロ波加熱炉の作製と銑鉄日産 1 トンの実証試験

- (2) 鉄鉱石 (Fe_2O_3) 原料の基礎実験
- (3) 熔融銑鉄粒の凝集液滴化機構の研究
- (4) イルメナイト還元、酸洗スラッジ処理、シリコン生成、スクラップ溶解の規模を 1 kg 程度に拡大する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

①Kotaro ISHIZAKI and Kazuhiro NAGATA: Localized Heating and Reduction of Magnetite Ore with Coal in Composite Pellets Using Microwave Irradiation, *ISIJ International*, 査読有, 47, p.817-822, 2007.

②TORU YAMASHITA, TOMOYA NAKADA and KAZUHIRO NAGATA, *In-Situ* Observation of $Fe_{0.94}O$ Reduction at High Temperature with the Use of Optical Microscopy,

Metallurgical and Materials Transactions B,
査読有, 38B, p.185-191, 2007.

③Ichiro SEKI and Kazuhiro NAGATA :
Reduction Kinetics of Hematite Powder
Mechanically Milled with Graphite, ISIJ
International, 査読有, 46, p.1-7, 2006.

〔学会発表〕(計 13 件)

①原恭輔(永田和宏)、マイクロ波加熱連続製
鉄法の開発(I)、日本鉄鋼協会、平成20年
3月27日、武蔵工業大学、東京

〔産業財産権〕

○出願状況(計 5 件)

・永田和宏、佐藤元泰：マイクロ波製鉄炉、
特願2007-201388(2007年8月1日)国内
・上記特許の外国特許出願：EPC：08 013
746.6(2008年7月31日)、韓国：
10-2008-0074985(2008年7月31日)、米国：
12/219,942(2008年7月30日)、中国：
200810144798.1(2008年8月1日)

○取得状況(計 0 件)