

焼結鉍製造プロセスにおけるマグネタイト(Fe_2^+ 源)の有効利用に関する基礎的研究

多木, 寛

<https://doi.org/10.15017/1806992>

出版情報：九州大学, 2016, 博士(工学), 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 多木 寛

論 文 名 : 焼結鉍製造プロセスにおけるマグネタイト(Fe^{2+} 源)の有効利用に関する基礎的研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、主要な製鉄プロセスである高炉の主原料の焼結鉍に関するものであり、焼結鉍の製造プロセスにおいて現在主流の原料であるヘマタイト系の鉄鉍石に代えて、マグネタイト (Fe^{2+} 源) を有効に利用する技術に関して基礎的検討を行ったものである。その結果をまとめた本論文は、第1章から第6章までの6つの章で構成されている。

第1章は緒論であり、本研究の背景および目的、本論文の構成について述べた。まず本研究の背景として、製鉄業界が原料価格の高騰、製品価格の低下および世界的気候変動抑制のための CO_2 排出量削減といった苦境に立たされていることを示し、更に、原料品位の低下が著しく、現状を打破するためには、技術革新が必要不可欠な状況であることを示した。それらを踏まえた対策として焼結でのマグネタイトに着目し、マグネタイト使用の利点について述べた。最後に、本研究の目的を焼結原料としてマグネタイトの使用を想定し、マグネタイト使用による初期融液生成に及ぼす影響を明らかにすること、およびマグネタイト酸化速度を算出することに関して実験を行い、マグネタイト酸化反応を考慮した焼結機シミュレーションモデルを作成し、マグネタイト有効利用に関する基礎的研究を行うこととした。

第2章では、酸化鉄と CaO の混合タブレット試料を用いて実験を行ない初期融液生成挙動に及ぼすマグネタイトの影響を明らかにすることを目的とした検討結果をまとめた。実験試料は酸化鉄として試薬マグネタイト、試薬ヘマタイトおよびマグネタイト精鉍を準備し CaO と混合し、タブレット状に成形した。この試料の赤外線ゴールドイメージ加熱炉を備えたレーザー顕微鏡を用いて直接観察により初期融液生成開始温度を測定し、また、XRD を用いて定性分析をおこなった。その結果、不活性雰囲気においてはマグネタイト混合試料の初期融液生成開始温度はヘマタイト混合試料よりも高いが、酸化雰囲気においては逆の傾向を示すとともに、マグネタイト重量割合の増加に伴い低温化すること、ヘマタイト混合試料の場合は2成分系カルシウムフェライトが融液生成温度以下で生じ、マグネタイト混合試料では、それに加えて3成分系カルシウムフェライトが生じること、大気雰囲気の場合にはマグネタイトの混合割合により未酸化 Fe^{2+} の利用される温度が異なり初期融液生成開始温度に差が生じること、マグネタイト精鉍の場合には、脈石成分である SiO_2 の影響で初期融液生成開始温度は試薬を用いた場合より低下し、初期融液は、大気雰囲気の場合は多成分系カルシウムフェライト、不活性雰囲気の場合は低融点スラグであることなど、初期融液生成に及ぼすマグネタイトの影響を明らかにした。

第3章では、カルシウムフェライト生成に及ぼすマグネタイトの影響を明らかにすることを目的として、昇温加熱装置を備えた全自動水平型多目的 X 線解析装置を用いた結晶構造変化の in-situ 観察および昇温中断試料の断面観察・画像解析を行い、マグネタイト混合試料はヘマタイト混合試料より低温でカルシウムフェライトを生成し、その生成量もマグネタイト混合試料の場合は多いこ

となど、カルシウムフェライト生成に及ぼすマグネタイトの影響を明らかにした。また、この特性は焼結層上層部の強度向上への活用の可能性があることを指摘した。

第4章では、マグネタイトの酸化熱の焼結鉍製造プロセスにおける活用効果の定量化に向けて必要な酸化反応速度式の検討を行った。このため、マグネタイトタブレット試料を作成し、800℃、900℃および1000℃の3レベルで酸化実験を行い、その酸化率曲線のデータを一界面未反応核モデルを用いて解析した。その結果、マグネタイト酸化反応に関して、界面化学反応速度定数および酸化層中の酸素の有効拡散係数の温度依存性を定量的に明らかにした。

第5章では、焼結鉍製造プロセスにおけるマグネタイトの影響を定量的に評価するために、マグネタイトの酸化反応とカルシウムフェライト融液の生成凝固を考慮した焼結機シミュレーションモデルの作成を行った。そのために、焼結鉍製造におけるマグネタイトの影響として第2章において得られた初期融液生成開始温度と第4章で得られた酸化反応速度式を組み込んだ焼結機シミュレーションモデルを作成した。シミュレーション結果より、マグネタイトの反応挙動を考慮した場合、従来のモデルと異なり、融液生成開始温度の低下に伴いカルシウムフェライト生成量が増加することがわかった。また、フレイムフロント部でマグネタイトの酸化が生じ、その結果、フレイムフロント進行速度を向上させることが分かった。これらの結果、マグネタイトを用いた場合には、焼結鉍反応で好ましいとされる1200℃以上の高温保持時間が増加する傾向が明らかとなった。

第6章では本研究で得られた知見を総括し、本論文の結論とした。