

論文審査の結果の要旨

氏名 楊 肖

本論文は、鉄鋼中不純物元素のりんを除去する鉄鋼精錬の脱りんプロセスで、効率的に脱りんを行うために使用される CaO 系フラックスが固相 CaO を含む固液共存融体であることから、このフラックスをマルチフェーズフラックスととらえて、固体 CaO 系化合物を利用したマルチフェーズフラックスへのりんの濃化反応、溶融銑鉄から除去するプロセスの反応機構を明らかにした研究であり、7章からなる。

第1章は序論であり、鉄鋼製錬における脱りん反応に関するこれまでの研究、および固液共存の CaO 系フラックスによるりんの除去反応機構に関するこれまでの研究について述べ、本研究の位置づけ、重要性を明らかにし、本研究を行う背景、目的について述べている。

第2章では、 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}_x-\text{P}_2\text{O}_5$ 系フラックスと固体 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ の反応挙動を測定し反応機構を解析した結果を述べている。1523 および 1673K で溶融した $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}_x-\text{P}_2\text{O}_5$ 系フラックスへ固体 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ を 1~600 秒浸漬し、反応界面近傍の生成化合物、フラックスの状況を SEM 観察し、また組成を分析することにより、反応機構について考察した。 P_2O_5 を含む化合物は $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2-3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 固溶体であり、 P_2O_5 を含む化合物相は反応初期に短時間の間に固液界面近傍で生成し、固体 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ のフラックスへの溶解とともに、フラックス中へ溶解するという機構を明らかにした。また、反応温度、フラックスの塩基度に P_2O_5 を含む化合物の生成速度が依存することを明らかにした。

第3章では、第2章で明らかにした P_2O_5 を含む化合物の反応機構に及ぼす影響を明らかにするため、固体 $5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ を含む $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}_x-\text{P}_2\text{O}_5$ 系マルチフェーズフラックスに固体 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ を 1~600 秒浸漬し、反応界面近傍の生成化合物、フラックスの状況を SEM 観察し、また組成を分析することにより、反応機構について考察した結果を述べている。第2章での観察結果に比べて、固体 $5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ を含むフラックスの場合は、 P_2O_5 を含む固体化合物が溶融フラックス中に広範囲にわたり観察されている。この観察結果から、固体 $5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ を含む場合の、固液界面近傍での P_2O_5 を含む固体化合物の生成に及ぼす影響が大きいと結論

し、 P_2O_5 を含む固体化合物の生成機構を提案している。

第2章で、フラックス中に生成する固溶体は $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ であることを明らかにしたので、第4章では、 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ のフラックス中への溶解挙動を明らかにするため、 P_2O_5 を含む固体化合物としてシリコカーノタイト $5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ を用いて、1523 および 1673K で $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}_x$ 系フラックスへ浸漬し、固液界面近傍の反応について解析を行った結果を述べている。反応界面近傍における P_2O_5 を含む固体化合物濃度の分布から、溶解反応過程と拡散過程からなる反応機構を提案し、反応温度、塩基度の影響について考察している。

第5章では、第2章から第4章までの実験で得られた結果を基に CaO 系マルチフェーズフラックス中での P_2O_5 を含む固体化合物相の生成について、 $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{FeO}_x-\text{P}_2\text{O}_5$ 四元系状態図での相関係から考察した結果を述べている。これまでの測定結果から、固体 CaO と熔融フラックス界面での反応について、 $5\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ もしくは $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 - 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 固溶体が初期に生成し、続いて $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 相、 $\text{CaO}-\text{FeO}$ 相が生成するという新しい反応機構を提案している。

第6章では、実際の製鋼プロセスにおいて効率的に脱りん反応を行うため、第2章から第5章で得られた結果から脱りんプロセスを熱力学に基づいて考察し、マルチフェーズフラックスを活用した新しい精錬プロセスの提案、操業条件の検討結果を述べている。

第7章では本論文の統括である。

以上のように、本論文ではマルチフェーズフラックス中での P_2O_5 を含む化合物の反応機構を明らかにし、鉄鋼精錬プロセスにおける脱りん反応を熱力学に基づいて考察して、精錬プロセスに関する重要な知見を得ており、本研究の成果はマテリアルプロセス工学への寄与が大きい。

なお、本論文第2章、第3章、第4章、第5章は松浦宏行、月橋文孝との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。