

審査の結果の要旨

氏名 松野 英寿

鉄鋼材料の高性能化の要求とともに、鋼中の炭素、窒素、硫黄、酸素などの不純物元素を除去した高純鋼を安定して製造する技術が望まれている。大量の鋼を安価に安定して精錬する方法として、従来から真空取鍋精錬法や溶融酸化物を主成分とするスラグに不純物を吸収・除去する精錬方法が行われてきたが、さらに不純物を低減することのできるプロセスの開発が必要となっている。本研究では、真空取鍋精錬法およびスラグによる精錬法に基づいて新たな方法を開発し、効率的な不純物の除去方法、不純物の形態制御方法の精錬特性を定量的に評価し、本方法を工業的に展開する条件を明らかにしている。

論文は7章からなる。

第1章は緒言であり、鋼の高純度化、高純化の研究の背景、既往の研究について説明し、本研究の目的について述べている。

第2章では、代表的な真空取鍋精錬プロセスであるRH(Ruhstahl-Heraeus 社)プロセスにおける極低炭素化、低窒素化の促進のための新しい方法について、実機RHプロセスによる操業実験により検討した結果を示した。脱炭反応モデルを構築し、精錬反応速度の尺度である反応容量係数により実験結果を定量化し、反応容量係数を増加する方法を提案した。炭素の除去については、真空槽内へのアルゴンガスの吹き込みにより反応容量係数は大きくなり、より短時間で炭素除去促進の効果がある結果を得ている。窒素の低減については、アルゴンガスシールによる雰囲気からの窒素の吸収を防止する方法を開発した。RHプロセスによる精錬処理中の溶鋼への窒素吸収速度が半減し、0.0008mass% N以下の極低窒素鋼の製造が可能となった。

第3章では、RHプロセスにおいてスラグ精錬による脱硫処理の小型装置実験および実機による実験を行い、脱硫反応を解析し、鋼の極低硫化について検討した結果を示した。真空槽内で脱硫反応サイトを考慮したモデルを構築し、実験による脱硫挙動を定量的に説明している。真空槽内へCaO-CaF<sub>2</sub>系脱硫フラックスを吹き込むことにより脱硫反応速度が大きくなり、また溶鋼の環流量が増加する効果のあることを明らかにした。真空槽内での全脱硫反応に対する、真空槽内溶鋼への脱硫フラックス吹き込みによる脱硫反応の寄与は約70%であり、実機RHプロセスで0.002mass% S以下の鋼を安定して製造することが可能になったと報告している。

第4章では、溶鋼中に含まれる不純物である酸素を介在物として除去するために、新しく考案した処理法をRHプロセスに適用した結果について述べている。溶鋼に窒素ガスをあらかじめ溶解し急速に減圧することで、溶鋼内部に微細な気泡を生成させ、溶鋼の攪拌を促進して、溶鋼中に懸濁する脱酸生成物である介在物を除去する方法である。溶鋼からの脱酸モデルを構築し、脱酸速度を定量化して脱酸条件を明らかにし、小型および実機RHプロセスに適用した。その結果、脱酸速度が大きくな

り、軸受鋼に適用した場合、酸素濃度は通常の処理に比べて約1割減少し、0.00061mass%Oの鋼が得られた。

第5章では、鋼中の介在物の総量を減らすだけでなく、材質に影響を及ぼす介在物の形態をスラグにより制御する方法を検討した結果を示した。高炭素アルミキルド鋼中に存在するMgO系介在物の生成機構を実験により検討し、スラグおよび耐火物中のMgOが還元され溶鋼に溶解した後、溶鋼に懸濁する $Al_2O_3$ と反応して $MgO \cdot Al_2O_3$ を生成する機構を明らかにした。また高Ni含有鋼をスラグにより精錬した場合の介在物の形態制御法について述べている。

第6章では、第2章から第5章で得られた実験結果、知見に基づいて、実操業での応用・展開をまとめて示し、今後、工業的に鉄鋼精錬プロセスの目指すべき方向性について考察している。将来の鋼中炭素、窒素、硫黄、酸素の到達可能な濃度について、第2章から第5章で提案した反応モデルに基づいて検討を行い、現状の生産プロセスからの改善効果の予測を行っている。その結果から鋼の高純度化プロセスの今後の方向について定量的に考察し、真空精錬法とスラグ精錬法を組み合わせた溶鋼処理プロセスの発展が必要であることを提案している。

第7章は本研究の総括である。

以上のように、鉄鋼製錬プロセスにおいて、高清浄鋼製造のため炭素、窒素、硫黄、酸素などの不純物の低減を念頭におき、真空およびスラグを用いた新しい精錬プロセスを提案した。反応プロセスのモデル化により得られた結果を実機プロセスに適用して試験操業を行い、鋼中不純物を低減できることを示しており、本研究の成果は実際の鉄鋼製造プロセスに適用されている。本論文では高清浄鋼の新しい製造プロセスの提案を行い、不純物の極めて少ない高清浄鋼を安定して製造できるという重要な結果を得ており、本研究の成果は鉄鋼プロセス工学への寄与が大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。