

機能材料 工学専攻	
申請者氏名	金正湜

紹介教官氏名	川上正博
--------	------

論文要旨(博士)

論文題目	溶鋼のアルミ脱酸機構と脱酸生成物の分離・除去速度に及ぼすガス攪拌ならびにフラックスインジェクションの効果
------	--

(要旨 1,200字程度)

溶鋼の脱酸反応は高純度化のキーポイントとなる技術であり、数多くの研究が行われた。その結果、極低酸素鋼の全酸素濃度は5 massppmのレベルに達しており、一般鋼に対しても低酸素化技術が要請されている。このような技術動向を背景に、本研究では低酸素化が容易でコスト負荷が少ない溶鋼二次精錬技術の開発を目指し、ミクロ・マクロ速度論の観点から溶鋼の脱酸反応を検討して以下の知見を得た。

溶鉄中へのAlの投入に際しては、まず溶鉄中へのAlの拡散が起こる。キャピラリ・リザーバー法を用いてこの過程を調べた結果、Alと酸素の濃度積が平衡値を超える場合に生成する $Al_2O_3(s)$ の拡散前面における有無にこの過程が依存することが判った。すなわち、初期酸素濃度が110massppm以下の場合、 $Al_2O_3(s)$ は生成せずAlの濃度分布は初期酸素濃度により影響されない。この条件下で溶鉄中のAlの拡散係数を決定した。一方、590massppm以上の初期酸素濃度では $Al_2O_3(s)$ が瞬時的・不可逆的に生成する。この場合のAlの濃度分布は、Alと酸素が対向拡散するモデルにより予測しものと一致した。また、 $Al_2O_3(s)$ がAlと酸素の拡散上流に向かってデンドライト状に成長し、拡散境界付近ではいったん生成した $Al_2O_3(s)$ が再溶解しうることを明確にした。

Al脱酸においては平衡酸素濃度が極めて低いため、脱酸速度は溶鋼中の一次脱酸生成物、 $Al_2O_3(s)$ の浮上分離速度に依存する。この過程を明らかにするため、脱酸速度に及ぼすArバブリングによる溶鋼の攪拌や鋼浴上のトップスラグ影響、さらにはCaO基粉末のフラックスインジェクションの効果を調べる小規模実験を行い、以下の事実が判明した。

(a) 介在物の浮上速度と再巻き込み速度の差が脱酸速度であるとして評価した介在物の浮上速度定数は鋼浴の攪拌エネルギーの0.45~0.65乗に比例する。(b) $Al_2O_3(s)$ がAr気泡に捕捉される速度を求めた。この過程には水中の微細懸濁粒子が気泡に捕捉されるモデルが適用できる。(c) トップスラグ存在下では、 $Al_2O_3(s)$ の吸収が促進され再巻き込みが防止されるため脱酸速度定数は増加する。(d) 本実験の条件ではフラックス粉末の90%がノズル直上ジェット近傍で溶鋼に侵入する。(e) CaO基フラックス中の CaF_2 はCaOと Al_2O_3 間の固体反応における物質移動を促進する。(f) 実機試験用フラックスとして選定したCaO-15mass% CaF_2 粉末の吹き込みでは、微細な $Al_2O_3(s)$ 介在物がTransitory反応により低融点Caアルミネートに形態制御されて浮上分離が促進され、全酸素濃度は5massppmまで低下する。

これらの実験結果を基に250ton取鍋内溶鋼に対するフラックス吹き込み条件を設定し、実機試験を行った。その結果、連铸スラブ内全酸素濃度、酸化物系介在物の面積率は通常の二次精錬パターン50%程度まで減少し、15massppm、0.015%となること、 $Al_2O_3(s)$ 系介在物は球形の低融点化合物、 $CaO \cdot Al_2O_3$ あるいは $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ に形態制御され、最終製品の表面欠陥、機械的性質が改善されることが判明した。

この方法は、本研究で目的としたコスト負荷の少ない効率的な脱酸方法として有用なことが多数の試験ヒートで確認され、工程生産に取り込まれている。