

論文の内容の要旨

論文題目 真空およびスラグを利用した取鍋精錬法による鋼の高純度化、高纯净化に関する研究

氏名 松野 英寿

鉄鋼材料は使用用途の拡大に伴い、材料特性の高特性化、安定化の要求が年々高まり、鋼中不純物元素の低減が急務となっている。炭素、窒素、硫黄、酸素等が代表的な元素であり、真空およびスラグを用いて精錬を行なう取鍋精錬法で、これらの元素を安定的に低減する技術が望まれている。

大量真空処理に適した RH 脱ガス炉における脱炭反応の研究は、従来から高速処理を目的として行なわれてきたが、反応サイトの定量化等の反応機構については未だ不明確な点も多い。極低炭素化の促進には、反応速度の向上が重要であり、実操業で仕様の異なる RH 装置の脱炭反応容量係数を、環流ガス流量、溶鋼中炭素濃度等の関数でモデル化して、包括的に定量化した。モデルにより予測した炭素濃度値と溶鋼から直接分析した炭素濃度値との比較を図 1 に示す。異なる RH 装置においても、精度良く炭素濃度を予測でき、極低炭素鋼の安定溶製を可能とした。また、真空槽内への Ar ガス吹込み法により、脱炭容量係数は増大して極低炭素化が促進することも確認した。真空槽内の溶鋼表面の乱れが大きくなり、反応界面積の増加による効果と考えられた。

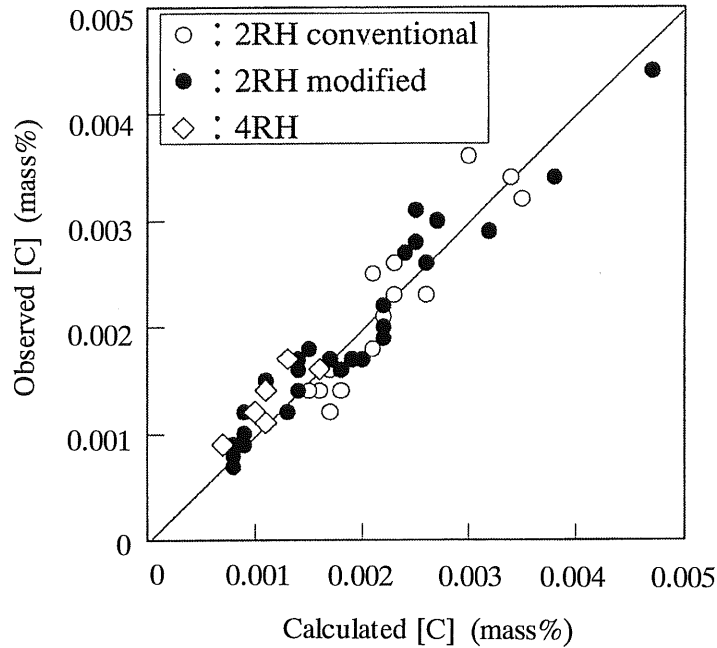


図1 溶鋼中炭素濃度の分析値と計算値との比較

また、耐火物を通して溶鋼に侵入する空気を低減する吸窒素防止浸漬管を作成して実操業で試験を行ない、吸窒素量を半減する効果があることを確認し、RH脱ガス処理中の極低窒素化溶製方法を可能とした。

一方、真空精錬とスラグ精錬を合体させて、RH脱ガス炉へ脱硫機能を付加する検討を行なった。溶鋼へ与える攪拌力の大きい真空槽内への脱硫剤添加法を適用し、小型のRH実験装置を用いて、環流時の脱硫反応について脱硫機構を検討した。真空槽内での脱硫反応サイトを考慮するモデルにより脱硫挙動を定量化した。反応容量係数と環流サイクルが脱硫反応速度へ及ぼす影響を図2に示す。現状のRHプロセスにおいて、真空槽内へフラックスを添加して脱硫する場合は、反応容量係数が小さく、物質移動律速の領域であることを明らかにした。真空槽内への粉体インジェクションは、脱硫反応速度を向上するのに有効な方法であり、反応容量係数が増加し環流と物質移動との混合律速領域となるため、環流量増加も効果があることがわかった。

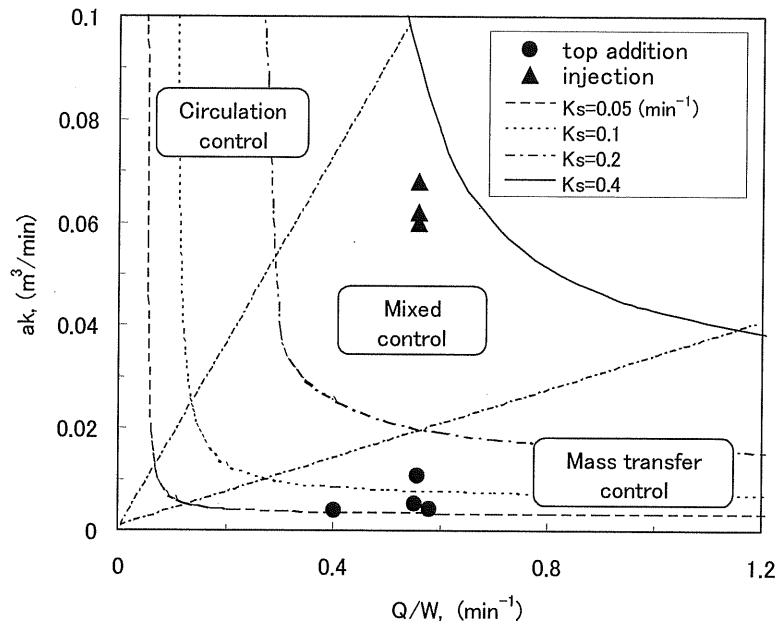


図2 脱硫反応速度 K_s に及ぼす反応容量係数 a_k と環流サイクル Q/W の関係

一方、酸化物系介在物が少ない清浄な鋼を製造するためには、取鍋内で介在物を効率的に除去する必要があるため、真空処理と溶鋼中へのガスの溶解度を積極的に利用した脱酸方法を検討した。ガス吹き込みで溶鋼を攪拌するだけでなく、溶鋼に大量に溶解するガスをあらかじめ添加し、溶鋼の周囲の雰囲気急速に減圧することで、過飽和となったガス気泡が介在物を核として溶鋼内部から生成させる方法を考案した。窒素を用いた小型実験により、この方法は脱酸速度増大に効果があることを確認し、その効果を定量化して実操業試験に適用を検討した。減圧時に過飽和で生成するガス気泡は、吹き込みガス気泡より微細であること、および生成ガスによる溶鋼攪拌が増加するため、窒素ガスを利用することは脱酸促進へ効果があると考えられた。また、実操業のRHプロセスにおいても、小型実験結果と同様に脱酸促進に効果があることを確認した。本プロセスにより溶製した場合と通常の方法で溶製した場合の、実操業で製造した鋼中の介在物粒径分布の比較を図3に示す。窒素を添加した場合の方が 3μ 以上の介在物の個数が減少し、特に材料特性に及ぼす影響の大きいと考えられる、 $10\mu\text{m}$ 以上の大きな介在物の個数が大幅に減少した。

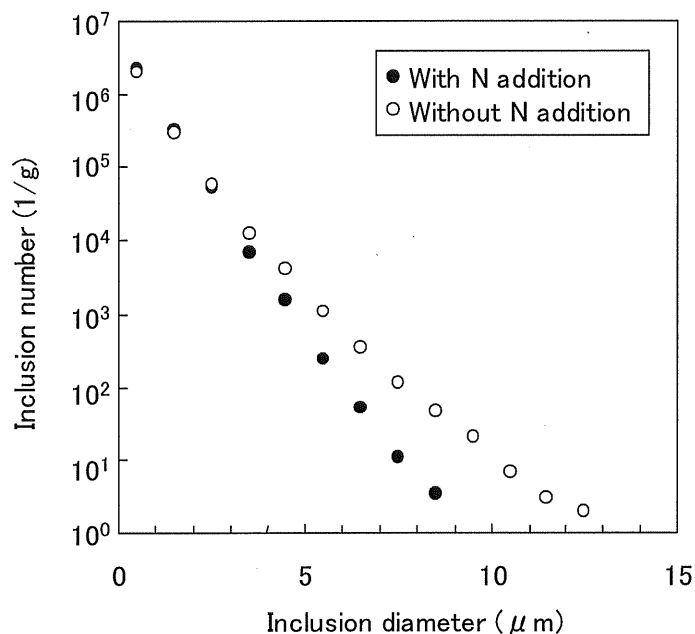


図3 介在物の個数と粒径の関係

さらに、介在物総量の低減ばかりでなく、スラグ精錬を利用した介在物の形態制御の課題を取り上げ、高炭素の極低酸素鋼を製造する場合に問題となる介在物の組成を調査し、アルミキルド鋼での MgO 系介在物の生成機構を解明した。耐火物およびスラグ中の MgO が溶鋼中の Al、C により還元される可能性があり、MgO の解離により Mg が生成し、MgO 系介在物が生成すると考えられた。また、MgO 系介在物の組成は、熱力学的相平衡からの予想と一致することも確認した。

また、炭素鋼以外にも、電子材料の一つである高 Ni 濃度を含有した鋼中に生成する介在物組成を、スラグ脱酸を用いて熱力学的に検討し、介在物組成に及ぼす Ni 濃度とスラグ組成の関係を定量化し、目標の介在物組成を得るための最適なスラグ組成を明らかとした。

本研究で得られた小型の実験結果および実機試験の結果の知見を基に、実操業での操業指針、工業的発展性について言及し、新しい高純度化精錬の目指すべき取鍋精錬プロセスの展望を述べるとともに、さらなる高純化の目標を定量的に提案した。