

平成 16 年 1 月 8 日

機能材料工学専攻	学籍番号	995003
申請者氏名	汪涛 (オウトウ)	

指導教官氏名	川上 正博
	竹中 俊英
	横山 誠二

論文要旨 (博士)

論文題目	Analysis of Heat Transfer in Steel Scrap Preheating Process by Convection Combined with Radiation (鉄鋼スクラップ予熱過程における対流および輻射を連成した熱移動解析)
------	--

電気炉製鋼のエネルギー消費をより削減するため、原料になる鉄鋼スクラップを十分に予熱することは大切である。本研究では、数学モデルを構築し、実験および数学解析によって、このスクラップ予熱過程で熱対流、熱伝導および熱輻射による総合熱移動を解明し、スクラップ試料への予熱能力を定量化して評価した。論文は主に 2 部分に分けられる：

1) 予熱炉内の熱移動解析

今スクラップの予熱は主に電気炉からの高温排気ガスによって行われている。予熱効率を高めるため、予熱炉内の熱移動実態を解明することは必要である。本研究では予熱炉内の総合的な熱移動を実験および数学解析によって解明した。研究は強制対流および自然対流のケースに分けて行った。その結果、炉内で輻射による伝熱は主流である。強制対流条件ではガスの流れ速度によって対流熱伝達を変化させた。強制対流条件でのガス熱伝達率は次式によって求められる： $Nu=0.75Re^{0.466}Pr^{0.33}$ 。自然対流条件においては、スクラップの予熱温度は炉内雰囲気の種類、坩堝温度に大きく影響されて、対流による伝熱は次式によって評価することが出来る： $Nu=2.62Ra^{0.15}$ 。さらに、炉内対流による伝熱を全熱移動の中に占める割合 ψ は坩堝温度と大きく関与し、その関係は $\psi = \beta e^{\gamma}$ によって求められる。

2) 連続鋳造過程での廃熱による鉄鋼スクラップ予熱

本研究では鉄鋼連続鋳造過程での廃熱を使い、スクラップを予熱する方法を提案した。実験および数学解析による検証を行い、その予熱能力を評価した。本研究では密閉容器内および大気中における熱源とスクラップ試料間の熱放射、熱伝導および自然熱対流による総合的な伝熱挙動を実験および数値解析によって解明した。数学解析は有限要素法を用い、熱源と試料の温度すべて非定常場合の数学シミュレーションを行った。その結果、提案した方法によってスクラップ試料は最高 400℃ 近く加熱され、その実用性を証明した。試料表面での総合熱伝達係数は試料のサイズ、形状および位置によって大きく変化し、その影響は次式によって表せる：

$$\text{(大気中)} \quad Nu_{avo} = [(5.505D^*H^{*3/4} - 0.403)Ra^{0.18}t^{*-1} - 26.21(D^*H^*)^{1/3} + 9.96] \times (1 + 0.268D^{*-2.19}H^{*-0.73})$$

$$\text{(密閉容器中)} \quad Nu_{avo} = 44.89(\alpha^{*-3.14}D^{*0.63})t^{*-0.96\alpha^{*0.45}D^{*-0.15}}$$

本研究の結果は電気炉操業及び金属製造をはじめとする各種工業プロセスにおける予熱、加熱、保温工程の最適化と省エネ等の技術開発に直接貢献出来ると考えられる