

住友金属工業(株)中央技術研究所^o牧野 義 小野正久

I 緒言

交番磁界中に置かれた導体を、その内部で発生するジュール熱によって加熱する誘導加熱は、鉄鋼業において、鍛造・押し等の加熱装置に広く用いられている。しかしながら、その伝熱機構の複雑さのために誘導加熱現象の解析が遅れ、制御性という面において、熱延・厚板等に使用されているいわゆる連続加熱炉に対し検討が遅れている。このたび誘導加熱炉計算機制御のための基礎的検討として、誘導加熱現象の数値計算による解析を行った。

II 解析方法

誘導加熱の基礎理論としては、周知の Maxwell の電磁方程式がある。その定常解については解析解が得られているが、実際の加熱現象を表わす非定常解についてはその例が見られない。本報告では差分法によって Maxwell の方程式の非定常解を得る方法を試みた。加熱炉のモデルとしては、有限長円筒コイルを、被加熱材として無限長円柱導体を仮定した。(図1) このように仮定された炉内の被加熱材に対して、Maxwell の方程式は次のように簡略化される。これを基礎式とする。

$$\frac{dH_z}{dr} + (\sigma + j\omega\epsilon) E_\theta = 0 \quad (1)$$

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} (r E_\theta) + j\omega\mu H_z = 0 \quad (2)$$

$$Q = \sigma \cdot E_\theta^2 \quad (3)$$

但し座標は円筒座標系を用いており

H_z : 被加熱材軸長方向の磁界成分

E_θ : 被加熱材円周方向の電界成分

σ, ϵ, μ : 被加熱材の導電率, 誘導率
透磁率 (被加熱材の温度の函数)

Q : 単位体積当りのジュール熱発生量

ω : 供給電源角周波数

被加熱材表面磁界 H_z を境界条件として与え、上記(1)~(3)式を差分方程式化して、各メッシュのジュール熱発生量を求める。これをもとに周知の伝熱計算法により、被加熱材各部の温度推移が得られる。

III 結果

従来行われていない非定常状態での被加熱材内部の電磁界分布及び発熱分布を計算出来る様になった。発熱分布の計算例を図2に、材料温度の計算値と実測値との比較を図3に示す。

いくつかの大胆な仮定にもかかわらず比較的良い精度で一致している。

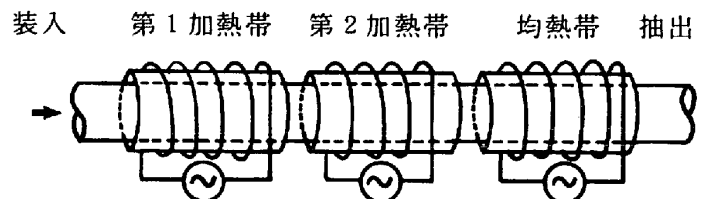


図1. 連続誘導加熱炉のモデル

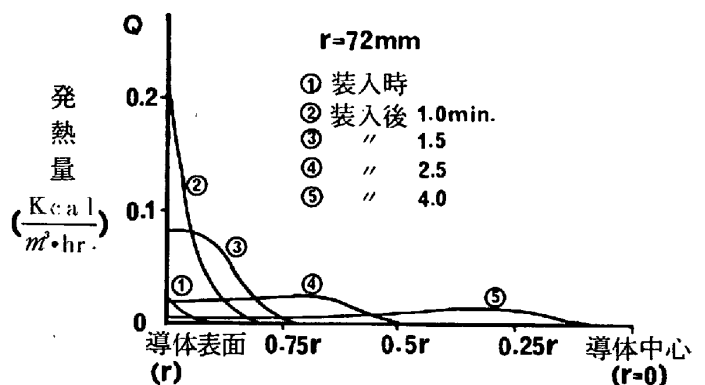


図2. 第1加熱帯の被加熱材発熱分布

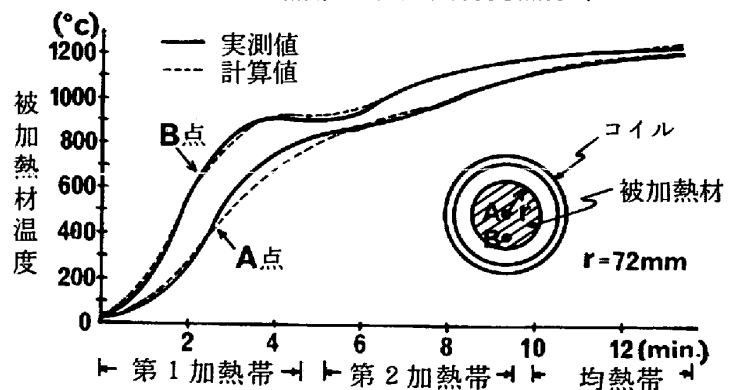


図3. 被加熱材の温度計算例