

佐友金属 中央技術研究所 松永省吾、高島啓行

1. 緒言：誘導加熱における一般的な伝熱解析法は未だに開発されておらず、鋼材の加熱割れ防止操業法の確立等が困難な問題になっている。現段階で誘導加熱の伝熱解析を行うには、測温値のシミュレーションに頼ることが有効であるが、本報では、低周波誘導加熱炉における常磁性丸鋼の測温値の伝熱シミュレーションにより誘導加熱伝熱解析法を確立し、その活用の一例として、操炉法の改善による熱応力の低減効果を試算した。

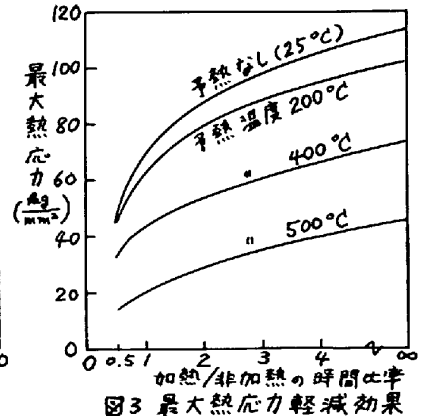
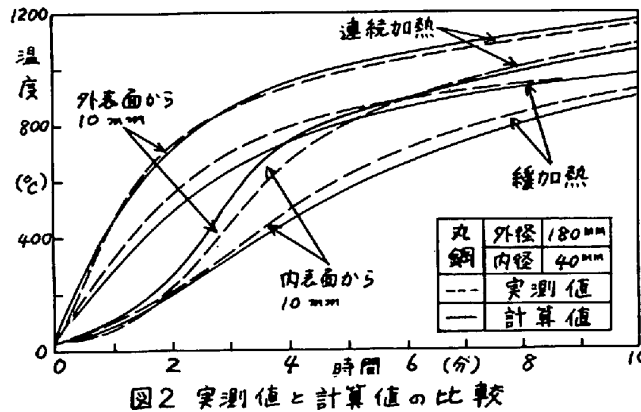
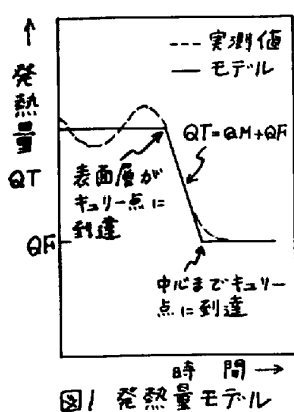
2. 伝熱計算の方法：計算モデルは、加熱は軸対称に行われるとして中径丸鋼横断面半径方向の一次元熱伝導とし、内部発熱を考慮した伝熱差分方程式を誘導し、電子計算機用プログラムを作成する。常磁性丸鋼の総発熱量(QT)を図1のように固定発熱量(QF)と移動発熱量(QM)の和と考へ、固定発熱量は中心からの距離の丸鋼の形で分布し、移動発熱量は計算メッシュ点の温度がキュリー点(約800℃)を越えると温度の低い内部の計算メッシュ点に移るとする。この計算におけるシミュレーション変数は、①総発熱量、②固定発熱量と移動発熱量の比、③移動発熱量の分布のべき乗数、④被加熱材表面放冷の総格熱吸収率(ϕ_{CG})の4つであり、これらを種々変化させて計算することにより測温値と計算値を合わせてゆく。

3. シミュレーション結果：シミュレーション結果を図2に示す。図2には連続加熱の場合と繰加熱(加熱/非加熱の時間比率=2)の場合の実測値と、表1に示すようなシミュレーション変数を使用した場合の計算値が比較して示してあるが、両者は良く一致している。

表1. シミュレーション変数

QT	62400 Kcal/h
QF	37400 "
QM	25000 "
QF:QM	3:2
n	4
ϕ_{CG}	0.45

4. 操炉の改善による熱応力の軽減効果の試算：以上のようなシミュレーション方法の活用の一例として、加熱/非加熱の時間比率および鋼材の予熱温度が変わった場合の弾性体領域における最大熱応力を図3に示す。誘導加熱では、最大熱応力は加熱初期に発生するが、図3より明らかのように、加熱割れを防止するには、予熱温度を高くするか、加熱初期の加熱/非加熱の時間比率を小さくすることが必要である。



5. 結言：常磁性丸鋼の低周波誘導加熱の伝熱シミュレーションは、総発熱量として、①中心からの距離の4乗の分布を持つ固定発熱量と、②キュリー点温度を越えると温度の低い内部に移行する移動発熱量の2つを3対2の割合で組み合わせることにより可能となる。また、丸鋼の割れ防止には、予熱温度を高めるか、加熱初期の加熱/非加熱の時間比率を小さくする必要がある。