

(310) 誘導加熱焼入れ過程の温度解析と高硬化深度冷延用ワークロールの製造

(株)神戸製鋼所 鋳鍛鋼事業部

○ 梅田 孝一

高砂開発室

工博 不下 修司

1. 緒言

比較的断面の大きい鋼材の表面加熱あるいは全体加熱に中周波および低周波による誘導加熱方式が採用されているが、焼入れ時の加熱のように加熱中に磁気変態を伴ないかつ変態域が内部へ移動して行く過程での内部温度分布についてはその発熱機構が複雑であることから定量的な把握が充分ではなかった。筆者らは円柱状軸材の誘導加熱焼入れ過程を対象として磁気変態、熱的境界条件の移動を考慮した温度解析のシミュレーションモデルを開発し、この応用例として冷延ワークロールの焼入れ時温度解析を行いシミュレート熱処理によって硬化深度を推定する方法を確立したので報告する。

2. 解析方法および計算例

有限要素法による熱伝導解析手法を基本として、①加熱中の誘導電流によるジュール発熱、②ふく射による加熱物表面からの熱損失および③焼入れ時冷却による熱伝達の三つの境界基本量を与え、誘導加熱焼入れ過程の温度解析を行った。

円柱状導体の誘導加熱による半径方向の発熱分布 $Q(r)$ として電磁理論に基づき(1)式が導かれる。

$$Q(r) = Q_0(a/r) \exp\{-2(a-r)/\delta\} \quad (1)$$

ここで Q_0 : 加熱物表面発熱密度, a : 加熱物半径,

δ : 電流の浸透深さ

この発熱分布を各発熱要素の発熱境界量として与えるが、焼入れ時の加熱過程では加熱物内部において初期の均一な強磁性域から温度上昇に伴う外層から内層への磁気変態(A_2)が進行し、強磁性・常磁性の両域が混在した磁場に変化する問題を取扱う必要がある。この場合には透磁率が著しく変化して発熱分布が非定常となるためこれを厳密に解析するのは難しい。本シミュレーションモデルでは図1に示す要領で磁気変態に伴う過渡的現象を取扱い、上述の境界基本量として与えた。

一方、実際の問題として加熱物と誘導加熱域あるいは冷却域とが相対移動する場合を取扱うために各境界基本量に時間履歴係数を組み込み各時刻における境界条件を設定する方式とした。

図2に直径580mm ϕ の冷間圧延用ワークロールを対象とした移動式誘導加熱過程での温度計算値と実測値との比較を、図3には計算によって得られた焼入れ過程の温度曲線に従ってフォーマスター試験機によりシミュレート熱処理し硬化深度を推定した結果と実測値との対応を示す。

3. 結論

誘導加熱焼入れ過程の温度シミュレーションモデルの開発により軸材の加熱深さの設定が可能となった。この応用例として硬さ $H_s 90$ 以上の有効径が60mm ϕ を満足する高硬化深度冷延用ワークロールの焼入れ条件を検討し、製品化した。

