

(567) 電縫管シーム部の誘導加熱技術の確立

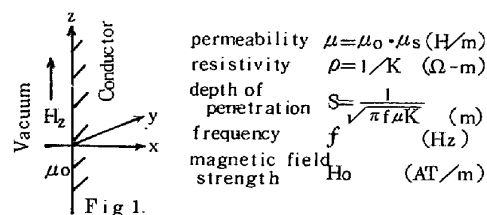
(電縫管ポストアニーラプロセスの最適化 そのⅡ)

日本鋼管(株)技術研究所 上野 康 ○野口孝男
京浜製鉄所 長浜 裕

1. 緒言

電縫溶接管の電縫部品質向上対策として誘導加熱型ポストアニーラが広く使われている。特に高靱性化に対しては、そのIで述べたように内外面の温度差をできるだけ小さく、かつコールドポイントが約850°C以上(τ域)になる事が肝要である。しかし、ポストアニーラの誘導加熱条件と2次元温度分布の関連については詳細な解析がほとんど行われていない。

そこで、電磁誘導と伝熱の2現象を併合させた差分系の2次元計算モデルを開発し、誘導加熱型ポストアニーラの投入電力、加熱時間、周波数及びサイズ等による加熱温度分布の影響を解析したので報告する。



2. 解析方法

図1のように導体の外部に、平行な平等磁界 $H_z = H_0 \cdot e^{j\omega t}$ を仮定すると、(1)式のように導体内X点の電流密度 i_x が導かれる。

$$i_x = \sqrt{\omega \cdot k \cdot \mu} \cdot H_0 \cdot \epsilon^{-\sqrt{\frac{\omega \cdot k \cdot \mu}{2}} \cdot x} \cdot \sin\left(\omega t - \sqrt{\frac{\omega \cdot k \cdot \mu}{2}} \cdot X + \frac{\pi}{4}\right) \text{ (A/m}^2\text{)} \quad (1)$$

ここで、図1のように導体x方向を有限長(肉厚)の差分系に近似し、しかも $P = \rho i^2$ の関係から(2)式の板内の誘導加熱分布 P_0 をもつ差分モデル式を作った。

$$P_0 = \frac{\rho}{S^2} \cdot H_0^2 \cdot \left(\epsilon^{\frac{2}{S} X_1} V_1 + \epsilon^{\frac{2}{S} X_2} V_2 + \dots + \epsilon^{\frac{2}{S} X_n} V_n \right) \text{ (W)} \quad (2)$$

計算は2次元で行い、抵抗率 ρ 、加熱効率 η 及び比透磁率 μ_s は温度の関数とし、鋼管周方向の投入電力分布も考慮した。

一方、伝熱計算法は熱伝導微分方程式を差分方程式に変換して行った²⁾。計算の1例を図3に示す。

3. 結果

工場実測値とマクロパターンから η 、 μ_s 及び周方向投入電力分布係数を逆算し、モデルを完成した。

管厚が厚くなると周方向への熱拡散及び外面最高加熱温度の制約のため内面温度を十分に上げるのが難かしくなる。(図4参照)この場合は周波数を相当に下げるとか、又は内面加熱が必要であるし、更に多段加熱による各器の投入電力制御等も必要となる。

4. 結言

開発した本計算モデルにより、適正ERWポストアニーラの操作条件を確立し温度分布が正確に予測できるようになった。本検討結果をとり入れた新ERW工場を現在、京浜製鉄所に建設中であり、高靱性ERWの生産が期待される。なお、該モデルをベースにオンライン制御が工夫されている。

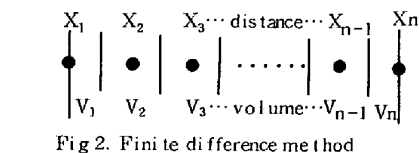


Fig 2. Finite difference method

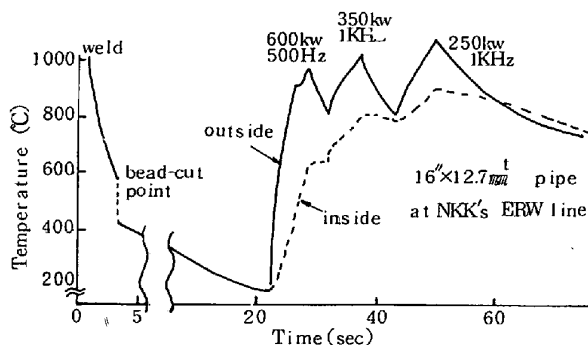


Fig 3. Controlled temperature history of the seam of ERW line

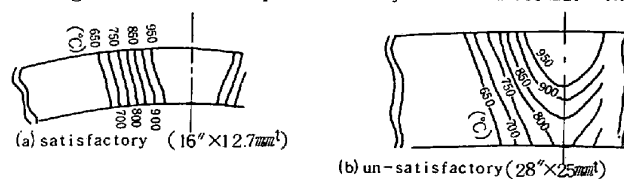


Fig 4. Examples satisfactory and unsatisfactory temperature distributions after post-annealing

1)電気磁気学演習(石川静一著), 2)連続鋼片加熱炉における伝熱実験と計算方法(日本鉄鋼協会)