

(449) 電縫鋼管の加熱溶接過程におけるH A Z形状変化について

川崎製鉄 技術研究所

横山 栄一, 石本 清司, 江島 彬夫

知多工場

渡辺 修三

1. 緒言 高周波加熱による電縫溶接管の製造において、溶接部周辺に生じるH A Z形状はV-shape部に流れる溶接電流、溶接速度などによって著しく影響を受け、溶接品質とも密接な関係を有する。そこで各種造管条件におけるV-shape部の途中止めサンプルを採取し、各位置でのH A Z形状変化を測定するとともに、その昇温伝熱過程を非定常熱伝導と仮定し、差分法による伝熱計算を試み、造管時の動的な温度分布を推定したので以下に報告する。

2. 実験方法 API 5 L B相当供試コイルにより、造管速度8~28 m/min, 溶接入熱(中, 高)と変化させ、管寸法114.3φ×6.28 mm (小径ミル, 200 KHz 誘導加熱方式), 152.4φ×6.96 mm (中径ミル, 450 KHz 接触抵抗加熱方式)に造管し、V-shape各位置でのH A Z形状を観察した。

3. 実験結果および考察 溶接までの各位置におけるH A Z面積S (片側)と加熱時間t (ワークコイルまたはコンタクトチップからスクイズロール中心までの移動時間)の間には、 $S = A \exp[-B(t_0 - t)^2]$ なる関係が認められ、その代表例を図1に示す。(A, B, t_0 は定数)すなわち造管速度が遅いほど、入熱が高いほどH A Z面積は増大する。造管条件の指標としてヒート係数 $K = E_p \cdot I_p / v \cdot r$ (E_p : プレート電圧(KV), I_p : プレート電流(A), v : 造管速度(m/min), r : 管厚(mm))と定義したとき、定数A, BとKの間には図2の関係が認められ、接触抵抗加熱方式のほうが誘導加熱方式よりヒート係数Kは小さいものの、KによるA, Bの変動が大きく、最適造管条件選定範囲が狭くなることが示唆される。

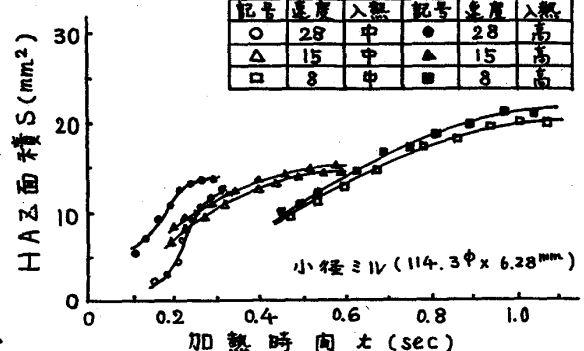


図1. H A Z面積と加熱時間の関係

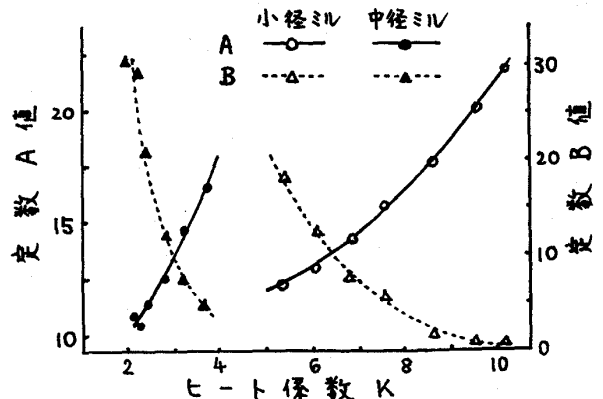


図2. 定数A, B値とヒート係数Kの関係

V-shape部において伝熱は円周方向xにのみ生じると仮定し、一次元非定常熱伝導の式: $\partial T / \partial t = \alpha \partial^2 T / \partial x^2 = F(x, t)$, 高周波電流浸透深さ $\delta = 503 \sqrt{\rho / \mu f}$, 表皮効果による円周方向への電流密度変化 $i = i_0 \exp(-x/\delta)$ を組み合わせ用いれば、長手方向各位置での円周方向温度分布を差分法により解くことができる。(α: 温度伝導率, ρ: 比抵抗, μ: 透磁率, f: 周波数Hz) いま本供試材の変態点 $Ac_3 = 840^\circ C$, $Ac_1 = 712^\circ C$ とすると、ワークコイルから溶接までの各位置における円周方向への Ac_3 , Ac_1 温度に到達する距離xが求まり、これより等 Ac_3 , 等 Ac_1 温度曲線とH A Z中実測値dとを比較したのが図3である。実測値はこの変態温度曲線のほぼ中間に位置しており、とくに溶接に近いほど等 Ac_3 曲線に近づく。本計算方法により各種造管条件における電縫溶接部のH A Z形状を予測できることがわかった。

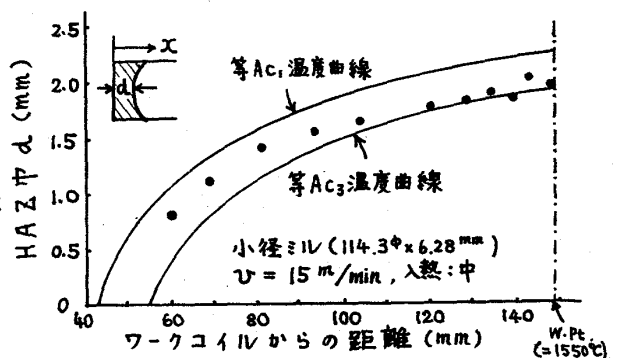


図3. H A Z中実測値と計算値の比較