

(225)

最小自乗法による鋼材の冷却および加熱曲線の解析

川崎製鉄 技術研究所

○天野彦一 鎌田晃郎

1. 緒言

鋼材内部の1点を测温して得られた冷却または加熱曲線から表面の熱流束を推定計算することは冷却法の検討や加熱炉の設計操業に有用な情報をもたらす。ところが熱の拡散に要する時間の遅れがあるためこの計算は困難であり種々の方法^(1,2)が提案されている。筆者らはBeckの方法を改良し、非線形最小自乗法を用いて実測曲線と計算曲線をフィットさせて表面の熱流束を推定するコンピュータプログラムを開発したので報告する。

2. 計算方法

熱流は鋼材の厚み方向の1次元と仮定し、鋼材内の1点で図1に示すような温度経過曲線が測定されたとする。表面熱流束をを求める時刻より Δt 時間おきに N 個の温度データ $T_1 \sim T_N$ とする。一方、 h を仮定して、物性値の温度依存性をとりいれた変換温度を用いた差分法により伝熱計算を行ない鋼材内の温度分布を求める。测温箇所と同じ位置の計算曲線から図1に示すように実測温度 Y に対応させ、 Δt 時間おきに N 個の温度 $T_1 \sim T_N$ をとる。実測温度が Y の時刻における h は関数 $F(h) = \sum_{i=1}^N (Y_i - T_i)^2 \dots (1)$ を最小とする h の値である。これを繰返せば各時刻における h が求まり同時に鋼材内の温度も計算される。

(1)式を最小とする h を求める計算は非線形最小自乗法の解法を用いた。

3. 計算結果

図2は板の両面から熱伝達係数 $h = 4,000 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{deg}$ で冷却したとして伝熱計算を行ないその $1/4$ 位置の冷却曲線から本プログラムを用いて h を求め、 $q = h(T_s - T_w)$ により h を逆算した結果であり一致は非常に良い。図3, 4は $600 \text{ L/min} \cdot \text{m}^2$ の両面スプレー冷却された20mm厚鋼板の板厚中心の测温結果を解析したものであり同時に推定された表面、 $1/4$ および $1/2$ 位置の冷却曲線と示す。図5は50mm厚の鋼板を加熱したときの実測加熱曲線と求まった表面熱流束 q を示してある。この結果から総括熱吸収率 η_g を求めることもできる。

参考文献 1) 三塚、福田：鉄と鋼，63(1977)6, P. 1008

2) J. V. Beck: J. Heat Mass Transfer, 13(1970), P. 703

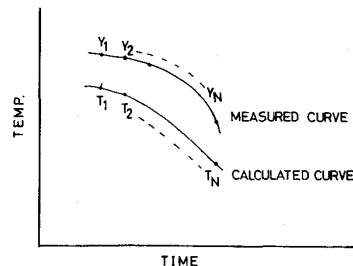


図1. 計算時の温度データ

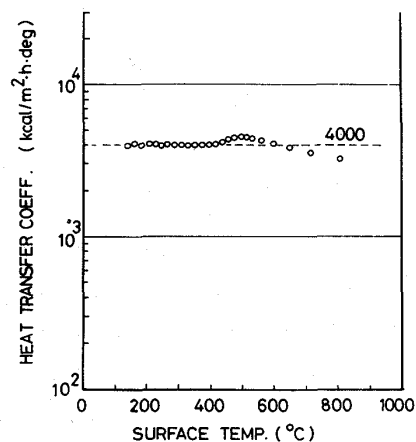


図2. 計算冷却曲線の逆算結果

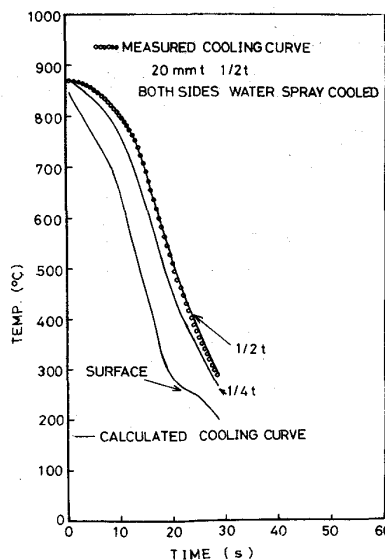


図3. スプレー冷却された20mm厚鋼板の测温カーブと計算結果

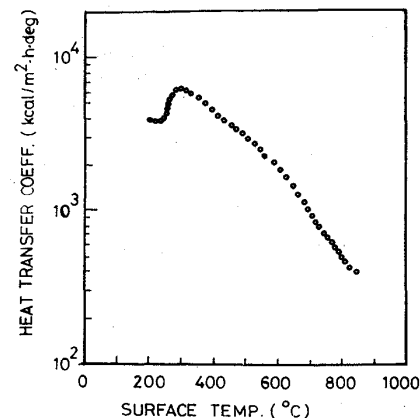


図4. 図3の実測カーブから求まったスプレー冷却時の熱伝達係数

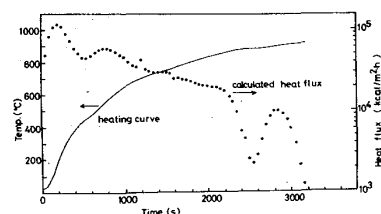


図5. 加熱曲線の解析