

(254) 噴流水による鋼材の冷却に関する基礎的研究

東北大学工学部 O谷口尚司 菊池淳 只木楨力 前田四郎
(株) 不二越 王井豊

1. 緒言 水による鋼材の冷却は多くの製鉄工程で重要な役割を果たしているため、これまで様々の観点から冷却に関する研究が行なわれている。本報では冷却現象を水の流動の観点から考察することを目的として、まず非沸騰域における噴流水~軟鋼円板間の伝熱機構を理論的、実験的に検討した。

2. 数値計算法 液体の流れを層流で定常とし、液体および固体の物性値を一定と仮定する。これらの仮定のもとに図1の軸対称円柱座標系で伝熱の基礎式および境界条件を表示すると(1)~(3)式が得られる。

$$\partial\theta'/\partial t + u\partial\theta'/\partial r + v\partial\theta'/\partial z' = \alpha'\partial^2\theta'/\partial z'^2 \quad (1)$$

$$\partial\theta/\partial t = \alpha [(1/r)\partial(r\partial\theta/\partial r)/\partial r + \partial^2\theta/\partial z^2] \quad (2)$$

$$t=0 : \theta' = \theta_w, \theta = \theta_0$$

$$r=0, z'=0 \sim \delta : \partial\theta'/\partial r = 0 ; r=0, z=0 \sim z_0 : \partial\theta/\partial r = 0$$

$$r=r_0, z'=0 \sim \delta : \partial^2\theta'/\partial r^2 = 0 ; r=r_0, z=0 \sim z_0 : \partial\theta/\partial r = 0$$

$$r=0 \sim r_0, z'=\delta : \partial\theta'/\partial z' = 0 ; r=0 \sim r_0, z=z_0 : \partial\theta/\partial z = 0$$

$$r=0 \sim r_0, z'=z_0 : \lambda'\partial\theta'/\partial z' = -\lambda\partial\theta/\partial z = h(\theta' - \theta_w), \theta' = \theta \quad (3)$$

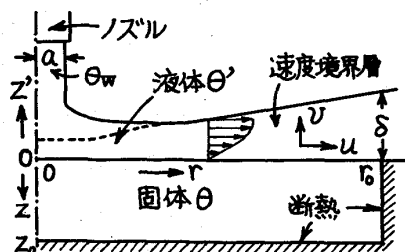
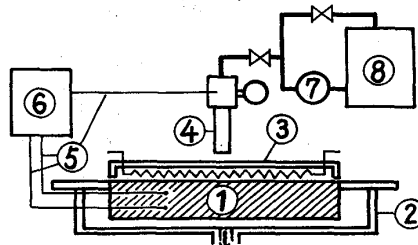


図1. 計算条件



①軟鋼試料, ②真空容器, ③ヒーター, ④ノズル
⑤熱電対, ⑥レコダ, ⑦ポンプ, ⑧貯水槽
図2. 実験装置概要

速度境界層内の流速 u, v および速度境界層の厚さ δ は Scholke-meyer¹⁾ および石谷ら²⁾ の研究を参照してプロファイル法により求めた。以上の諸式を無次元化し、UDS法(液体内)およびCDS法(固体内)を用いて差分化した。数値計算は(i)液体内伝熱を定常($\partial\theta'/\partial t=0$)として伝熱係数 h の分布を求め、これを境界条件として(2)式を解く(モデル1), (ii) (1)~(3)式を連立して解く(モデル2)の2つの場合について行なった。

3. 実験装置および実験方法 図2に実験装置の概要を示した。側面および底面を真空容器②内におさめた軟鋼円板①(直径15cm, 厚さ3cm)をヒーター③で約100°Cまで昇温したのち、ヒーターを取除きノズル④(内径0.4cm, 長さ20cm)より水を噴射した。試料内温度は銅-コンスタンタン熱電対⑤(直径0.2mm)により測定した。

4. 実験結果と計算結果との比較 まず図3に冷却面におけるヌッセルト数 Nu の経時変化に関する計算結果の1例を示した。モデル2より求めた Nu は時間 T とともに初め急激に減少するが、極小値を経たのち徐々に増加しており、 T が大となると定常状態下の Nu (モデル1) に漸近している。つぎに図4に固体内温度の経時変化の1例を示した。2つのモデルの間にはほとんど差異がなく、計算値は実測値とよく一致している。测温位置、流量などを種々変えて得た実験結果はいずれもモデル1であらわされた。

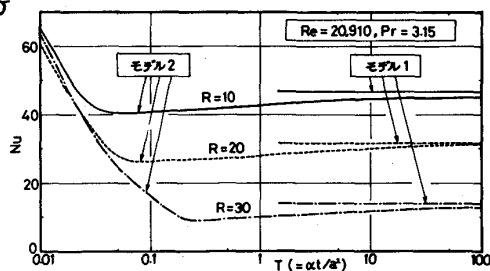


図3. Nu と T との関係(2つのモデルの比較)

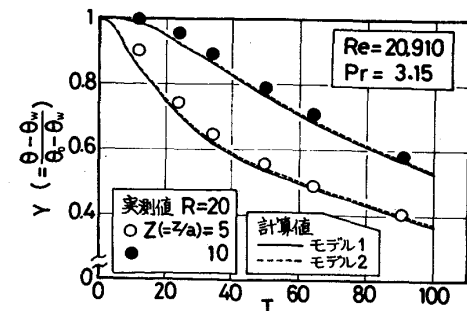


図4. 固体内温度の経時変化

(主要記号) θ : 温度(°C), θ_w : ノズル内の水温(°C), α : 熱拡散係数 (cm^2/sec), Nu : ヌッセルト数 ($= h a / \alpha'$), a : ノズル半径(cm), 添字(′)は液体をあらわす。

(文献) 1) F.W.Scholke-meyer: Thesis, Braunschweig, (1943), 2) 石谷ら: 日本機械学会論文集, 42(1976), 1502