

(253) スプレー冷却の遷移沸騰域と膜沸騰域における熱伝達率

新日鐵(株)設備技術センター

三 塚 正 志

1. 結 言 高温金属を水スプレー冷却する場合、両者間の熱伝達率 α_w (ふく射放熱分 a_r を除いた値) は、噴射水流密度 W と表面温度 θ_s に強く影響される。これらの間には、図1の関係が存在するものと考えられる。今回、公開文献(表1)の値を用いて、図1の破線内部分を解析し、上記の関係を定量化した。

2. 遷移沸騰域の熱伝達率 α_{wt} の数式化

α_{wt} は、非定常状態の実験で得られた値(文献3~8)から求めた。

(1) $\alpha_{wt}=f(W)$: 一定の θ_s のもとで、 W と α_{wt} の関係を求めた(図2)。この結果、 $\alpha_{wt} \propto W^{0.7}$(1)が得られた。ただし、 $\theta_s < \text{約 } 700^\circ\text{C}$ 、 $W > \text{約 } 200 \text{ } \ell/\text{m}^2 \cdot \text{min}$ の範囲内では、 W の指数は 0.7 より小さい。

(2) $\alpha_{wt}=f(\theta_s)$: W をある範囲毎に区切り、その範囲内で θ_s と α_{wt} の関係を求めた(図3)。この結果、 $\alpha_{wt} \propto \theta_s^{-2.5}$(2)が得られた。ただし、 θ_s の指数(絶対値)は、 W :小では、低温側において、 W :大では、高温側において、小さくなる。

(3) $\alpha_{wt}=f(W, \theta_s)$: (1)と(2)式から、 $\alpha_{wt}=K(W^{0.7} \theta_s^{2.5})^n$(3)とし、 K と n を求めた(図4)。この結果、 $K=2.18 \cdot 10^8$ 、 $n=1.0$ が得られた。ただし、 K と n の値は、 $W^{0.7} \theta_s^{2.5}$: 約 $1 \cdot 10^{-5}$ を境にして、若干変わる。

3. 遷移沸騰域の式と膜沸騰域の式の接続

膜沸騰域の熱伝達率 α_{wf} には、文献2の実験式 $\alpha_{wf}=11.63 V_e + (2.074 + 0.01295 V_e) W$(4)を用いた(V_e : ノズル出口流速 m/sec)。 W が同じ場合、(3)と(4)式は接続するはずである。

4. 全熱伝達率 α_t の算出

(3)と(4)式が接続する θ_s を θ_b とすると、 α_t は、次のようになる。

$$\theta_s < \theta_b : \alpha_t = \alpha_{wt} + a_r \quad \text{..... (5)}$$

$$\theta_s > \theta_b : \alpha_t = \alpha_{wf} + a_r \quad \text{..... (6)}$$

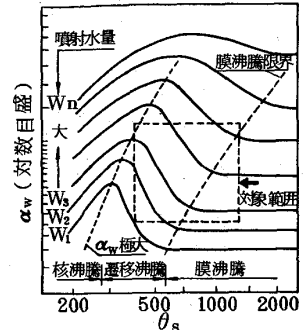
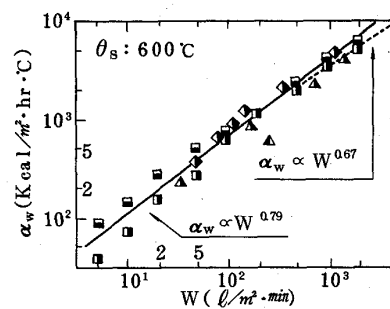
図1 θ_s と α_w の予想される関係

図2 スプレー冷却の熱伝達率

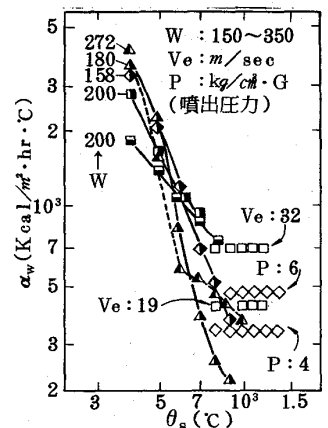


図3 スプレー冷却の熱伝達率

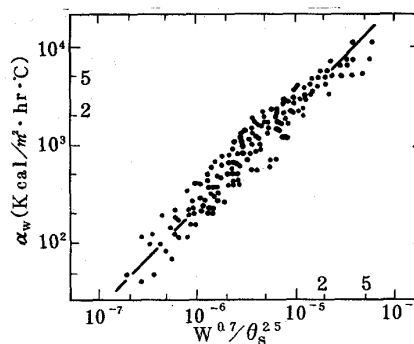
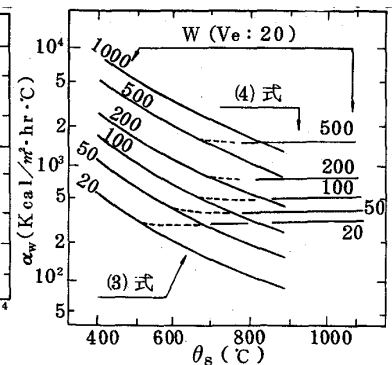
図4 W と θ_s が α_w に及ぼす効果

図5 スプレー冷却の熱伝達率

表 1 解析に用いた文献と主な実験条件

測定 状態	番号	符号	発表 年	試 料		測定温度 範囲(°C)	水量範囲 (ℓ/m²·min)	研究者と文献
				材 質	寸 法(mm)			
定常	1	◇	1972	耐熱鋼	2.5 t × 83 × ~850	800~1300	不 明	H.Junk: Neue Hütte, 17(1972)1, S.13
	2	□	1973	鋼	6~10 t × 20 × 60	800~1200	30~600	H.Müller: Arch.Eisenhüttenw., 44(1973)8, 5.589
非 定 常	3	■	1968	低C鋼	28 t × 220 × 220	~930	5~2000	三塚: 鉄と鋼, 54(1968)14, P.1457
	4	▲	1970	18-8鋼	16 t × 127 × 127	~1093	163~1140	E.A.Mizikar: Iron Steel Eng., June(1970), P.53
	5	■	1973	低C鋼	各種, ~1000	~930	5~2000	三塚: 日本機械学会第380回講習会, (1973), P.105
	6	▲	1974	18-8鋼	25 t × 185	~1000	36~1500	C.J.Hoogendoorn: 5th Int. Heat Transfer Conf., (1974), Vol. IV, P.189
	7	●	1975	"	30 t × 300 × 300	~1200	100~2500	佐々木ら: 鉄と鋼, 61(1975)12, S.513
	8	◆	1977	鋼	40 t × 60 × 130	~1100	51~1130	神尾ら: 鉄と鋼, 63(1977)4, S.184