

研究速報

橋 藤 雄他：表面膜沸騰における液温の影響（焼入歪の研究 第1報）

千々岩 健児：鑄物の湯口と湯流れについて

浅原 照三他：フルフラールとアミンとの反応による界面活性剤の合成

山 辺 武 郎：イオン交換平衡式について

表面膜沸騰における液温の影響

(焼入歪の研究 第1報)

橋 藤 雄・福 井 資 夫

物体を焼入れするとき、物体がある軸に対して対称な形を有していても熱伝達率の分布がその軸に対して非対称であれば焼入後には対称でない形に変形してしまうことがある。こうした焼入歪の研究の第一歩は焼入れの際の熱伝達率に関する知識の充実でなければならない。焼入れの際には多くは液体の沸点以上の温度まで加熱された物体を浸漬するから物体表面には沸騰を生ずる。沸騰は極めて短い間核沸騰が行われ、直ちに膜沸騰に移行し、物体が相当低温度になって又核沸騰にもどる。核沸騰に関する研究は不充分ながらある程度進んだが膜沸騰に関しては飽和温度の液の膜沸騰について Bromley¹⁾が 1950 年に理論と実験結果とを示したのが唯一の具体的な研究結果である。しかるに焼入れが飽和液で行われることはなく、殆んど常に液温は飽和温度より低い。このように飽和温度と液温の差（過冷度）があると熱伝達率も飽和の場合より大きくなるし、膜沸騰の様相も大いに異なる。

筆者等はファスタックス高速カメラにより鋼棒を水平に焼入れた際の状態を撮影したが、これによれば棒の表面は薄い蒸気膜層につつまれ、層はゆるく運動するが、飽和液の膜沸騰の如く、蒸気膜表面からの盛んな気泡の発生が見られないことを知った。この事実から筆者等は過冷度の大きいときには蒸気膜に接する液内の伝熱は自然対流熱伝達に近いものであろうと推定し計算を行った結果、そのような場合の型直面の膜沸騰熱伝達率を与える式としては次式を得た。

$$\alpha = \frac{\lambda_v}{\xi} x - \frac{1}{4} \dots\dots\dots(1)$$

ただし ξ は次式の根である。

$$\left[\frac{1}{16} \cdot \frac{r(\rho_l - \rho_v)\rho_v g}{\mu_v} \right] \xi^4 + \left[C(t_s - t_o) \right] \xi - \lambda(t_w - t_s) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$C = 0.582 \lambda_l^4 \sqrt{\frac{g\beta(t_s - t_o)}{a^2}} \dots\dots\dots(3)$$

記号の意味は次の通りである。

α_v = 温度 t_w の物体表面の局所熱伝達率で、飽和温度を t_s とすれば $t_w - t_s$ なる温度差に対して定義されたもの。 x = 垂直面下端からの距離、 r = 蒸発潜熱、 μ_v = 蒸気の粘性係数、 ρ_v = 蒸気の密度、 ρ_l = 液の密度、 g = 重力加速度、 λ_l = 液の熱伝導率、 β = 液の膨脹率、 a = 液の温度伝導率、 t_o = 平均液温

(1)式で $t_s = t_o$ とした結果は Bromley の計算より低い値を与える。これは蒸気膜内の速度分布の仮定が違いためであり、筆者の仮定の方が実際に近いと思う。

Bromley の実験値についてみると実験値は筆者と Bromley の値の間にあるが、われわれの値の方に近い。なお過冷度が小さくなつて蒸気膜表面の気飽発生が盛んになると、その攪乱により熱伝達率が支配される。これを α_l とすればそのような場合の膜沸騰熱伝達率は次式で与えられる。

$$\alpha = \frac{\lambda_v}{\delta} \dots\dots\dots(4)$$

ただし δ は次の関係式で与えられる x の函数である。

$$-\frac{\beta^3}{r^4} \log_e \left(1 - \frac{\gamma}{\beta} \delta \right) - \frac{\beta^2}{r^3} \delta - \frac{\beta}{2r^2} \delta^2 - \frac{1}{3r} \delta^3 = x \dots\dots(5)$$

ただし

$$\beta = \frac{4\lambda\mu_v(t_w - t_s)}{r(\rho_l - \rho_v)\rho_v g}, \quad \gamma = \frac{4\mu\alpha_l(t_s - t_o)}{r(\rho_l - \rho_v)\rho_v g}$$

式中 α_l は蒸気膜外面の熱伝達率である。筆者等の行った実験結果とくらべると α_l は過冷度が増すと急に下り蒸留水中に 600°C の物体を置いた実験からみると過冷度 80°C くらいから (1) 式の計算値が適用されるようである。この研究には高速カメラ委員会、就中植村助教の御援助を得たことを感謝する。(1954. 2. 16)