二重管内層流熱傳達の一近似解について

村 川 勝 彌

1. 緒言： 同心二重管の二重隙間を流体が流れる場合の Nu 数を簡単に求めるために**管壁温度一定**で、しかも無次元数 σ_2 **の大なる場合**だけを扱ひ円管の場合の Lévèqués Asymptotic Solution と比較した。

2. 速度分布 （等温流）：

$$W(r) = 2\overline{W}\frac{\{(r/r_1)^2-1\}-\{(r_2/r_1)^2-1\}\log_e(r/r_1)/\log_e(r_2/r_1)}{\{(r_2/r_1)^2-1\}/\log_e(r_2/r_1)-\{(r_2/r_1)^2+1\}}$$

3. 温度分布の近似解：

$\sigma_2 = \overline{W}\cdot 2(r_2-r_1)/a\cdot 2(r_2-r_1)/L$

$\sigma_Z = W\cdot 2(r_2-r_1)/a\cdot 2(r_2-r_1)/Z$

$\overline{W}$＝平均流速，a＝温度傳播率，L＝管長

Lévêque の考への如く**管壁温度一定で，σ_2が大なる場合は，**壁面近くの流速分布を切線で代用する。その適用範囲を δ_1，δ_2 とすれば境界層の厚さを以て大体の目安とすることができるから境界層運動量法則によつて，δ_1/r_1，δ_2/r_2 に関する三次代数方程式を解けば普通用いられる温度範囲で水，変圧器油，機械油，などでは約 5／1,000～6／1,000の程度になる。ここでは更に嚴格にして1／1,000に取ることにする。（紙数の関係で数値計算を省略する）

$$r_1\text{側}：\frac{\partial^2\theta}{\partial r^2} = k_1'(r-r_1)\frac{\partial\theta}{\partial z}\ (1),\qquad (\theta)_{Z=0}=\theta_0\ (2),\qquad (\theta)_{r=r_1}=\theta_{W1}\ (3)$$

$$r_2\text{側}：\frac{\partial^2\theta}{\partial r^2} = k_2'(r_2-r)\frac{\partial\theta}{\partial z}\ (4),\qquad (\theta)_{Z=0}=\theta_0\ (5),\qquad (\theta)_{r=r_2}=\theta_{W2}\ (6)$$

$$k_1' = \frac{\overline{w}}{a}\cdot\frac{2[2r_1-1/r_1\cdot(r_2^2-r_1^2)/\log_e(r_2/r_1)]}{[(r_2^2-r_1^2)/\log_e(r_2/r_1)-(r_2^2+r_1^2)]},$$

$$k_2' = \frac{\overline{w}}{a}\cdot\frac{2[2r_2-1/r_2\cdot(r_2^2-r_1^2)/\log_e(r_2/r_1)]}{[(r_2^2-r_1^2)/\log_e(r_2/r_1)-(r_2^2+r_1^2)]}.$$

(1), (2), (3) より

$$\frac{\Theta}{\Theta_1} = \frac{\theta_{W1}-\theta}{\theta_{W1}-\theta_0} = \frac{1}{\Gamma(4/3)}\int_0^{(r-r_1)[ak_1'/\{36\overline{w}(r_2-r_1)^2\}]^{1/3}\cdot\sigma_Z^{1/3}} e^{-\zeta^3}d\zeta \qquad (7)$$

(4), (5), (6) より

$$\frac{{}_2\Theta}{{}_2\Theta_2} = \frac{\theta_{W2}-\theta}{\theta_{W2}-\theta_0} = \frac{1}{\Gamma(4/3)}\int_0^{(r_2-r)[ak_2'/\{36\overline{w}(r_2-r_1)^2\}]^{1/3}\cdot\sigma_Z^{1/3}} e^{-\zeta^3}d\zeta \qquad (8)$$

(7), (8) から求めた近似温度と，別に他の方から求めた嚴密解との δ_1，δ_2 における値を比較すれば，$100<\sigma_2<10,000$ の範囲で少数点以下の温度誤差である。σ_2，r_2/r_1 の値によつては もつと良い場合もある。このために**多大な**数値計算を行つたが紙数の都合により省略する。

4. Nusselt 数の計算：

$$q_{z,1} = -\lambda(\partial\theta/\partial r)_{r1},\qquad q_{m,1} = 1/L\int_0^L q_{z,1}dz,\qquad q_{m,1} = \alpha_{m,1}\,\Theta_1$$

$$Nu_1 = \frac{3^{1/3}\ \sigma_2^{1/3}}{\Gamma(4/3)}\cdot\varphi(x),\qquad x = r_2/r_1\qquad (9)\ （二重管内側）$$

$$Nu_2 = \frac{3^{1/3}\ \sigma_2^{1/3}}{\Gamma(4/3)}\Psi(y),\qquad y = r_1/r_2\qquad (10)\ （二重管外側）$$

$[100<\sigma_2<10.000]$

$$\phi(x)=2^{-1.3}\left[\frac{2x\log_e x - x^3+x-2\log_e x+x^2-1}{x^2-1-x^2\log_e x-\log_e x}\right]^{1.3}$$

$$\Psi(y)=2^{-1.3}\left[\frac{-2y\log_e y+2\log_e y+y^2-y^3+y-1}{y^2-1+y^2\log_e y+\log_e y}\right]^{1.3}$$

$$\lim_{\substack{r_1\to 0\\(x\to\infty)}} \phi(x)=1,\quad \lim_{r_1\to 0}\sigma_2=\sigma=WD/a\cdot D/L,\quad \lim_{\substack{r_1\to 0\\(y\to 0)}}\Psi(y)=1$$

次に円管の場合の Le'vêque's Asymptotic Solution は

$$Nu=\frac{3^{1/3}\ \sigma^{1/3}}{\Gamma(4/3)}=1.615\sigma^{1/3} \qquad (11)$$

ϕ, Ψの数値計算例（7桁対数表，計算器使用。次の数値は4桁迄で正しい。）：

x	1.5	2	3	4	5	6
ϕ	1.1744	1.2010	1.2478	1.2888	1.3255	1.3589

y	0.7	0.5	0.3	0.25	0.20	0.16
ψ	0.5606	0.6913	0.8054	0.8325	0.8593	0.8806

5. **結論**：(11)式のDの代りに流体力学的直徑$2(r_2-r_1)$。從つてσの代りにσ_2を代入した値よりも(9),(10)式はそれぞれ$\phi(x)$, $\Psi(y)$だけ異なつた値となる。すなわち従来の如く二重管のNu_1, Nu_2を求める方法として円管の式に流体力学的直徑を代入した値よりは$\phi(x)$, $\Psi(y)$だけの補正を要することになる。計算用数値表も作製したが省略する。

終りに御懇切な御援助を賜はつた松山英太郎博士に心からの感謝を捧ぐ。

高溫切削に關する一、二の考察

松井正巳

1. 緒言

最近工作方面で問題になつているものに超高速切削法並びに高溫切削法がある。いづれも高溫における被削材の軟化を利用しているものであり、すでに米国においてはJames氏の色々の基礎的研究が発表され[1]実用の域に達せんとしている。我が国においても戦争中アルミニウム軽合金のダイヤモンドバイトによる超高速切削ならびに特殊鋼の高溫切削等が行われたが基礎的研究はあまり行われていなかつた。最近になつて段々この問題に関する研究が発表され[2]、又現場においても積極的に実用化に対する努力がはらわれているのは喜ばしいことである[3]。著者もこの問題には多大の興味をもち、二三の実験をこころみた。ただ設備の関係上不充分な実験に終つたのは遺憾である。

著者は黄銅を高速度鋼バイトを用いて高溫切削をこころみた。高溫切削の目的としては常溫では、ほとんど加工のできないものの加工と、常溫で加工できるが更に加工能率をまそうとする場合の二つが考えられる。いづれにしても被削材の高溫における軟化を利用しているわけであるが、実験室の実験として一番簡単な場合をえらび黄銅を高溫に熱して（今の場合400℃）高速度鋼バイトで削り、その時の馬力当りの加工量の増加の有様、すなわち同一の加工條件における所要馬力の減少の狀態をしらべた。なお高溫切削に関する報告としては前記のJames氏の研究があり、我が国ではあまりみうけないが精密機械誌の17巻2号に鉄道技術研究所の佐藤技官の簡単な紹介記事がある[4]。

2. 高溫における被削材の性質

高溫切削が高溫における被削材の軟化を利用するものである以上、まず高溫における被削材の性質をしらべる必要がある。著者は被削材の性質のうち硬さをしらべてみた。すなわち高溫切削せんとする被削材（黄銅）の高溫硬さを次の如き方法でショアーに準じて測定した。