

鏽のある二重管内、層流熱傳達

村 川 勝 彌

1. 緒 言

引抜鋼管製二重管型式熱交換装置に水を流したとき使用開始後一、二年後の熱傳達の推算法

として等温流速分布を修正した流速分布を用いて推測することを試みた。修正流速分布として次のようにおく。

$$w(x) = \frac{2\bar{w}}{\left[\left(\frac{r_2}{r_1} + 1\right)^2 - \left(\frac{r_2^2}{r_1^2} - 1\right) / \ln r_2 / r_1\right] \left[-\left\{\left(\frac{r_2}{r_1} - 1\right)x + 1\right\}^2 + 1 + \frac{r_2^2/r_1^2 - 1}{\ln r_2/r_1} \ln \left\{\left(\frac{r_2}{r_1} - 1\right)x + 1\right\}\right]} = 2 \cdot \bar{w} \cdot w_0(x) \quad (1)$$

2. エネルギー式:

$$\frac{\sigma_2}{2} \cdot w_0(x) \cdot \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{1}{x + \frac{r_1}{r_2 - r_1}} \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2)$$

$$\sigma_2 = \bar{w} \times 2(r_2 - r_1) / a \times 2(r_2 - r_1) / L,$$

$$T = (t - t_0) / t_0, \quad x = (r - r_1) / (r_2 - r_1), \quad z = Z / L, \quad t_0 = \text{入口温度}$$

境界条件

$$(T)_{z=0} = 0 \dots (3), \quad (T)_{x=0} = f_1(z) \dots (4), \quad (T)_{x=1} = f_2(z) \dots (5)$$

3. 温度分布T:

(2)に(3)の条件を用いてLaplace変換

$$\phi(p) = p \int_0^\infty e^{-pz} \cdot f(z) \cdot dz \text{ を行い } T \text{ の変換を } u \text{ とし}$$

$$u = y + \{f_2(p) - f_1(p)\} \cdot x + f_1(p), \quad g(x, p) = \sigma_2 / 2 \cdot w_0(x) \cdot p,$$

$$F(x, p) = \{f_2(p) - f_1(p)\} / \{x + r_1 / (r_2 - r_1)\} - \sigma_2 / 2 \cdot w_0(x) p \{x f_2(p) - x f_1(p) + f_1(p)\}$$

とおき(4), (5)の条件を用いれば次のVolterra第二種積分方程式に帰着できる。

$$v_1(x) = -F(x, p) - \int_0^x \left\{ \xi / \{x + r_1 / (r_2 - r_1)\} - g(x, p) \cdot \xi \cdot (x - 1) \right\} v_1(\xi) \cdot d\xi, \quad [0 \leq \xi \leq x] \quad (6)$$

$$v_2(x) = -F(x, p) - \int_x^1 \left\{ (\xi - 1) / \{x + r_1 / (r_2 - r_1)\} - g(x, p) \cdot x \cdot (\xi - 1) \right\} v_2(\xi) \cdot d\xi, \quad [0 \leq x \leq \xi \leq 1] \quad (7)$$

相反函数を用いて 逆変換

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i} \int_{Br_1} e^{pz} \cdot \phi(p) \cdot dp / p$$

を行つて温度分布を求めれば(微小項を省略して)次のようになる。

$$T \doteq \int_0^x (x-1) \lambda \left\{ -G(\lambda, z) + \int_0^\lambda H_1(\lambda, \mu, z) d\mu \right\} d\lambda + x \int_x^1 (\lambda-1) \left\{ -G(\lambda, z) + \int_\lambda^1 H_2(\lambda, \mu, z) d\mu \right\} d\lambda + \{f_2(z) - f_1(z)\} x + f_1(z) \quad (8)$$

$$G(\lambda, z) = \{f_2(z) - f_1(z)\} / \left\{ \lambda + r_1 / (r_2 - r_1) \right\} - \sigma_2 / 2 \cdot w_0(\lambda) \left\{ \lambda \frac{\partial f_2(z)}{\partial z} - \lambda \frac{\partial f_1(z)}{\partial z} + \frac{\partial f_1(z)}{\partial z} \right\}$$

$$H_1(\lambda, \mu, z) = \frac{\mu}{\lambda + r_1 / (r_2 - r_1)} \left[\frac{f_2(z) - f_1(z)}{\mu + r_1 / (r_2 - r_1)} - \frac{\sigma_2}{2} w_0(\mu) \left\{ \mu \frac{\partial f_2(z)}{\partial z} - \mu \frac{\partial f_1(z)}{\partial z} + \frac{\partial f_1(z)}{\partial z} \right\} \right]$$

$$- \frac{\sigma_2}{2} w_0(\lambda) \mu (\lambda - 1) \left[\frac{\frac{\partial f_2(z)}{\partial z} - \frac{\partial f_1(z)}{\partial z}}{\mu + r_1 / (r_2 - r_1)} - \frac{\sigma_2}{2} w_0(\mu) \left\{ \mu \frac{\partial^2 f_2(z)}{\partial z^2} - \mu \frac{\partial^2 f_1(z)}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 f_1(z)}{\partial z^2} \right\} \right] + \dots$$

$$H_2(\lambda, \mu, z) = \frac{\mu - 1}{\lambda + r_1/(r_2 - r_1)} \left[\frac{f_2(z) - f_1(z)}{\mu + r_1/(r_2 - r_1)} - \frac{\sigma_2}{2} w_0(\mu) \left\{ \mu \frac{\partial f_2(z)}{\partial z} - \mu \frac{\partial f_1(z)}{\partial z} + \frac{\partial f_1(z)}{\partial z} \right\} \right] \\ - \frac{\sigma_2}{2} w_0(\lambda) \lambda (\mu - 1) \left[\frac{\frac{\partial f_2(z)}{\partial z} \cdot \frac{\partial f_1(z)}{\partial z}}{\mu + r_1/(r_2 - r_1)} - \frac{\sigma_2}{2} w_0(\mu) \left\{ \mu \frac{\partial^2 f_2(z)}{\partial z^2} - \mu \frac{\partial^2 f_1(z)}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 f_1(z)}{\partial z^2} \right\} \right] + \dots$$

4. Nusselt 数 Nu_1 :

$$Nu_1 = -2 \frac{\int_0^1 \left(\frac{\partial T}{\partial x} \right)_{x=0} \cdot dz}{\int_0^1 f_1(z) \cdot dz} \quad (9)$$

5. 数値計算例: $r_2/r_1 = 55\text{mm}/35\text{mm} = 1.571428$ $L = 1300\text{mm}$

λ, ν, a は内管表面温度 (tw_1 °C) の平均温度に相当する値を取った。実験は垂直同心二重管の下から水が加熱される場合について行った。 $f_1(z), f_2(z)$ の実験曲線は z の三次式以上の高次式となる。しかし近似的に

$$(i) f_1(z) \doteq 0.8z, \quad f_2(z) \doteq 0.11z$$

で代用したときは

$$Nu_1 = 2.198 - 0.02017\sigma_2 \quad (10)$$

$$(ii) f_1(z) \doteq 1.01z^2 + 0.0416z, \quad f_2(z) \doteq 0.11z$$

で代用したときは (数値積分は Simpson 1/3 則を用ふ)

$$Nu_1 = 2.156 + 0.02898\sigma_2 - 0.0000559\sigma_2^2 \quad (11)$$

これを図示すれば Fig. 1 のごとくなる。

6. 結 言

実験と理論とが厳密には完全に一致していないのは自由対流の影響、温度の変化による物理常数の変化の影響を理論式では考慮していない

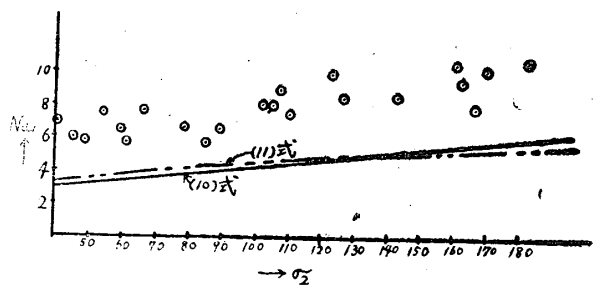


Fig. 1. 錆のある二重管内、流層、熱伝達

からである。各寸法と $f_1(z), f_2(z)$ とをあたへれば計算によつて推定することができる。終りに臨み終始御懇切な御援助を賜はつた松山英太郎博士に深甚の謝意を表す。なほ実験資材入手については田中工学部長、実験装置製作に当つては横山氏の御協力を得たことを感謝す。実験、数値計算については倉重、坂口、齊藤、波佐間の諸君の労を多とす。此の研究は文部省科学研究費の一部によるものである。

内圧又は剪断力を受ける圓孔を有する直交異方性板の應力について

野 村 恭 雄

I 緒 言

この論文は筆者の圓孔を有する直交異方性板の孔縁補強についての一連の論文⁽¹⁾の先驅をなすもので、圓孔が自由縁の場合はいろんな方法⁽²⁾で解けているにも拘らず、圓孔内に内圧のある場合や剪断力の働く場合については解かれているのが見当たらないようである。そこでここではこの問題⁽³⁾をとり上げ佐藤氏の超複素函数を用いて解いてみた。但し板は無限板である。

II 基礎方程式及びその解

基礎方程式

$$\lambda_1^2 \lambda_2^2 \frac{\partial^4 \chi}{\partial x^4} + (\lambda_1^2 + \lambda_2^2) \frac{\partial^4 \chi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \chi}{\partial y^4} = 0 \quad (1)$$

但し $E_x/E_y \equiv \lambda_1^2 \lambda_2^2$, $E_x/G_{xy} - 2\nu_x \equiv \lambda_1^2 + \lambda_2^2$, E_x, E_y は板の繊維及びそれに直角方向のヤング率、 G_{xy} は剛性率、 ν_x は繊維方向のポアソン比

(1)式の一般解