

(九大工)〇(学)三谷 洋喜・(正)中曾 浩一・(正)深井 潤*

【はじめに】腐食性高温排ガスからの廃熱回収効率の改善策の一つとして、交換可能なシート状フィンによる熱交換器の伝熱面拡大法を提案する。フィン設置が伝熱・流動へ及ぼす影響を実験的、数値的に検討した。特に高温場では放射伝熱の影響が大きいと考えられる。そこで、高温の CO_2 を用いた場合の熱交換性能を数値的に検討した。

【実験装置および方法】外径 10 mm、長さ 200 mm の伝熱管 10 本×9 列の計 90 本をピッチ 20 mm で配置した直交流型多管式熱交換器を使用した。恒温槽で一定温度(44~50 °C)に加熱された水を伝熱管内に流し、熱交換器下部のプロアーから送風する空気(10~16 °C)と熱交換させた。伝熱管内径基準の水側レイノルズ数は約 3000、伝熱管最狭寸法基準の空気側レイノルズ数は約 5400 で統一した。定常状態で各流体の出入口温度および流量、空気側の圧力損失を測定した。フィンとしては、熱伝導率 398 W/mK の銅板を使用した。伝熱管長手方向に幅 195 mm のシートを (Fig.1)のように設置し、伝熱管との接触部に溶接を施し、接触抵抗を無視できるものとした。

【解析方法】解析系は、伝熱管 2 列×10 本の計 20 本についてフィン無・有の時で解析をした¹⁾。流れ場は定常非圧縮性三次元乱流とした。乱流モデルとして Realizable $k-\varepsilon$ モデル、輻射モデルとして Discrete Ordinates モデルを用い、壁近傍には Enhanced Wall Treatment を用いた。また、対流項の離散化に 2 次精度風上差分法、圧力解法に SIMPLE 法を用いた。境界条件として、伝熱管表面は T_w で一定とし、滑りなし条件を与え、y 方向壁面には周期境界条件を適用し、管およびフィンの表面粗さはなしとした。解析ではフィンの有無が胴側流体の温度変化、圧力損失へ及ぼす影響を調べた。

【結果】熱交換器での伝熱量 Q を次式で与えた。

$$Q = UA\Delta T_{lm} \quad (1)$$

ここで、 A は伝熱面積、 ΔT_{lm} は対数平均温度差である。熱交換器の性能を、(1)式中の UA 値と圧力損失 ΔP で評価した。結果の一例を Fig.2 に示す。 $(UA)_0$ はフィンを設置しない場合の実測値である。著者らのこれまでの検討¹⁾では、フィンと伝熱管との接触状態が不十分な場合、フィンを設置しても伝熱促進できないことを示唆したが、今回、フィンを伝熱管に溶接することで $UA/(UA)_0 > 1$ となることを確かめられた。このことから

接触熱抵抗 R_c が UA へ及ぼす影響を実験および解析から確認できた。

放射を考慮した解析結果を Fig.3(a)に示す。放射伝熱の寄与により接触抵抗を増加させた際に $UA/(UA)_0 > 1$ となることを確認できた。また、装置サイズを 2.5 倍にした解析結果を Fig.3(b)、 Re を変化させた時 $UA/(UA)_0$ 、 $\Delta P/\Delta P_0$ への影響を Fig.4 に示す。スケールアップにより放射伝熱の寄与が増大し、伝熱促進が効果的となることがわかった。さらに Re を減少させると、伝熱促進がより効果的となることがわかった。

以上より、放射伝熱の影響が大きい場合、接触抵抗による熱損失を補い、フィン設置による熱交換器の性能向上が期待できる。

【参考文献】1) 田中ほか 日本機械学会論文集 75 巻 B 編(2009), pp.1854-1861.

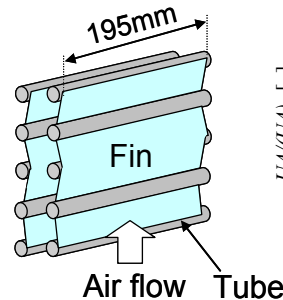


Fig. 1 Installation methods of fin

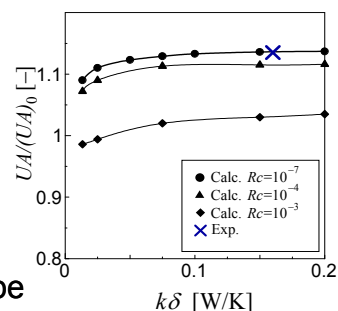
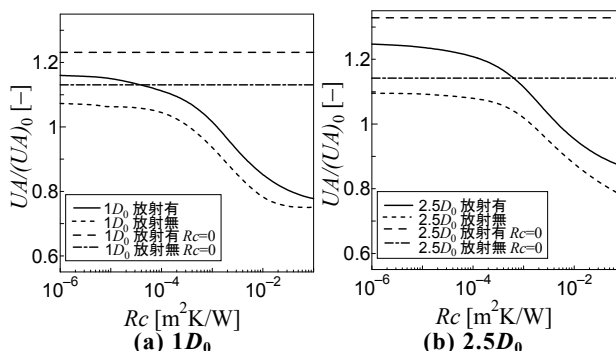
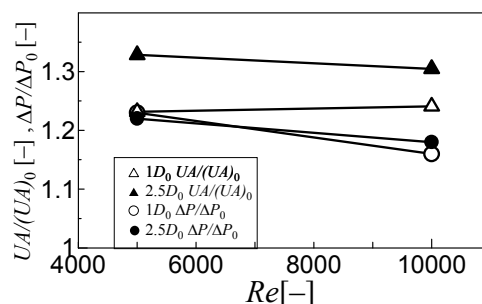


Fig. 2 Experimental and numerical results

Fig. 3 Effect of radiation on $UA/(UA)_0$, $Re = 5000$ Fig. 4 Effect of Re on $UA/(UA)_0$ and $\Delta P/\Delta P_0$