

攪拌操作による伝熱特性への影響

(佐竹化学機械工業)○(法)山本 隆*・(法)金森 久幸・(正)加藤 好一

1. 緒言

攪拌翼の性能評価には槽内各所の流速分布、槽内全体のフローパターン、吐出流速等があるが、槽内各所の境膜熱伝達係数分布も重要な性能の一つである。これを測定するためには、伝熱壁表面の温度を正確に測定する必要がある。前報¹⁾よりその測定方法を検討していたが、薄型熱電対を使用することで伝熱壁表面の温度を正確に測定できることがわかり、その方法を確立した。

本報では、この方法で攪拌操作条件を変化させた場合の局所境膜熱伝達係数 h_{loc} 分布を測定し、その影響について検討した結果を報告する。

2. 実験装置及び実験方法

h_{loc} 測定実験には、ジャケット付攪拌槽(内径 ϕ 250mm, 10%皿底, SUS 製)を用いた。槽内温度を定常状態にするために、約 50°Cの水を 6L/min で循環させ、熱媒には飽和蒸気(0.03MPaG・約 107°C)を用いた。攪拌槽内側壁の高さ 48(T.L.), 98, 148, 198, 248mm の位置に薄型熱電対を設置し、ジャケット側壁にも同じ高さに極細熱電対を設置し、伝熱壁の表面温度を測定した。更に攪拌槽内壁から約 5mm 離れた位置に ϕ 0.5mm のシース型熱電対を設置し、代表水温を測定した。

各点の温度測定を行い、次式によって h_{loc} を算出した。

$$h_{loc} = \frac{q}{T_1 - t_1} \quad q = \frac{\lambda}{L} (T_2 - T_1)$$

ここで q は熱流束、 T_1 は薄型熱電対による伝熱壁水側表面温度、 t_1 はシース型熱電対による代表水温、 λ は伝熱壁の熱伝達率、 L は伝熱壁板厚、 T_2 は極細熱電対による伝熱壁蒸気側表面温度である。($\lambda = 15[W/m^2 \cdot ^\circ C]$, $L = 0.004[m]$)

槽内の流速、フローパターンの測定には LDV, PTV を使用した。

攪拌翼は、4枚ピッチドパドル(以下 4PP)、6枚フラットタービン(以下 6FT)に加え、弊社スーパーミックスシリーズの HR100, HS604, MR203 を使用した。

3. 実験結果

図-1.~5.は各種攪拌翼において周速 V_{tip} を変化させた場合の h_{loc} 分布である。 V_{tip} の増加に伴い h_{loc} も大きくなっており、特に槽下部 T.L.付近で最大となる。また MR203 では、他の攪拌翼に比べ T.L.から槽上部までの h_{loc} の減衰が少ないことがわかる。これは大翼径にて、槽垂直断面に占める攪拌翼面積の割合が大きく、槽上部における液流動状態が影響しているためである。

一方各種攪拌翼における単位容積あたりの攪拌動力 $P_v = 0.2[kW/m^3]$ 一定で比較した場合、攪拌翼の形状によらず、 h_{loc} 分布には大きな差が見られない。(図-6.)

図-7.の槽壁付近流速分布、図-8.の槽壁への上昇流の衝突角度分布から、同じ流速でも T.L.では槽壁に沿って

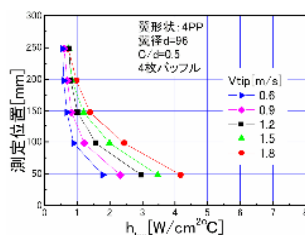


図-1. 4PP 周速変化

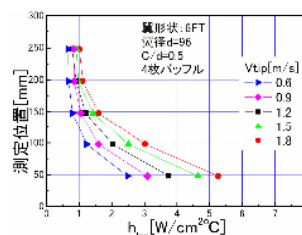


図-2. 6FT 周速変化

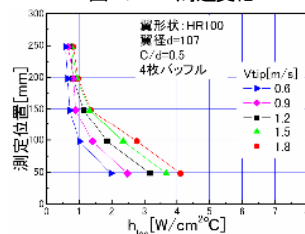


図-3. HR100 周速変化

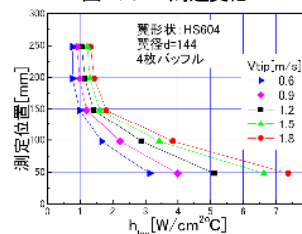


図-4. HS604 周速変化

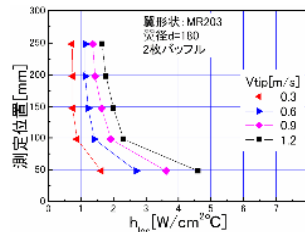


図-5. MR203 周速変化

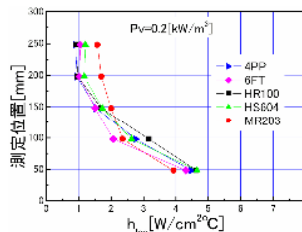


図-6. P_v 一定

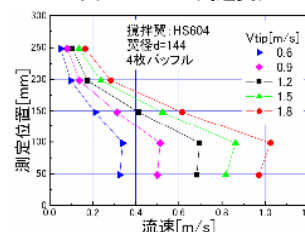


図-7. 流速分布

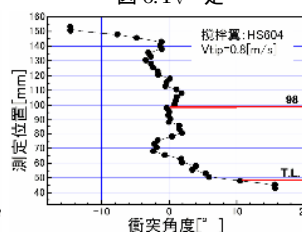


図-8. 衝突角度分布

平行に上昇せず、角度をもって衝突していることがわかる。このことから、槽壁付近の流速だけではなく、流れの角度によっても温度境界層の厚さに影響を与え、 h_{loc} が変化していることを確認した。

4. 結言

本実験結果より、高 Re 域で攪拌翼径の大きな翼は、T.L.より高い位置での h_{loc} 分布の減衰率が小さいこと、10%皿底の攪拌槽を使用した場合では、攪拌翼形状によらず T.L. 付近での h_{loc} が最も大きくなること、 P_v 一定の場合では h_{loc} 分布には大きな差が見られないことがわかった。

測定した h_{loc} と同じ位置での流速やフローパターンを測定することで、 h_{loc} との相関が得られつつあり、伝熱攪拌におけるスケールアップの確立につながると期待している。

参考文献

1)山本ら, 化学工学会第 38 回秋季大会, F122, (2006)