Heat Transfer and Flow Characteristic of Two-phase Flow in a Rotational Narrow Annular Channel

学 ○鈴木 貴也 (関大院) 正 梅川 尚嗣 (関大工) 正 小澤 守 (関大工)
Takaya SUZUKI, Hisashi UMEKAWA, Mamoru OZAWA, Kansai University, 3-3-35, Yamate-cho, Suita, Osaka

1 緒 言

回転同心二重円筒内の研究では、Taylor 渦に関するものがあるが、主として単相流を対象としていた。しかし近年では液体燃料のターボポンプや気液分離装置、さらには反応器への応用等にも関連して単相流のみではなく気液二相流をも対象として研究が行われている。本研究はせん断力が強く作用する場での気液二相流の伝熱および流動特性を実験的に評価した。本報では、既報⁽¹⁾と同様の実験装置を用い差圧特性および伝熱特性の測定を行ったのでここに報告する。

2 実験装置および実験方法

空気 - 水系で使用した装置は既報⁽¹⁾と同様の装置で、内径 41.5mm のアクリル樹脂製円筒と外径 40mm の真鍮製回転軸で形成される 0.75mm の環状流路を有するものである。

実験条件は気相流速 $J_G=0.0196\text{--}4.965\text{m/s}$ 、液相流速 $J_L=0.0148\text{--}0.216\text{m/s}$ 、内軸回転数 0-3000rpm の範囲である。これらの値から液相テイラー数を求めると $Ta_L=0.7746 \times 10^5$ となる。なお、本装置の臨界テイラー数は 1763 でありテイラー渦が生じる臨界回転数は 140rpm に相当し、この回転数付近でテイラー渦が形成されていることを確認している。

加熱系で使用した実験装置の概略図を Fig.1 に示す。作動流体として液体窒素を用いた沸騰系ループであり、テストセクションは内径 42mm の銅製円筒と外径 40mm のステンレス製回転軸で形成される 1.0mm の環状流路を有している。加熱長さは 309mm であり銅製外筒の周りにロウ付けしたシースヒータにより加熱を行っている。①液体窒素ポンプから圧送された液体窒素は②ヘッドコラムを経由し③サブクーラーで系内外圧の飽和温度差によりサブクール度を確保した後④テストセクションへと流入する。この時の流量は⑥蒸発器により完全に気化させた状態で⑦オリフィスを用いて測定を行った。加熱系での実験条件は系圧 0.4MPa、質量流速 $G=20\text{kg/m}^2\text{s}$ 、加熱熱流束 $q=0\text{--}25\text{kW/m}^2$ 、内軸回転数 0-800rpm である。

なお、本装置は十分な断熱を行っているが低温流体であるため熱侵入は避けられず、非加熱時のエンタルピー増加から推算しておよそ $1\text{--}2\text{kW/m}^2$ が入熱しているものとして評価している。

Fig.1 Experimental apparatus

3 実験結果および考察

Fig.2 は空気 - 水系実験で得られた摩擦項の値である。図中には軸流を伴う回転軸系での単相流に対して求めた浅沼⁽²⁾ならびに山田⁽³⁾の計算式をベースとして二相流モデルとして均質流ならびに L-M モデルを用いた値を併記している。このような系では回転が加わることで摩擦項は増加するが、この図で見られるように浅沼、山田の式で回転数の増加による差圧の増加をうまく表現できることがわかる。また本実験範囲に対しては浅沼の式に均質流モデルを適用した値の方が若干相関は高かった。

加熱系で得られた差圧測定結果を Fig.3 に示す。図中には浅沼の式に均質流モデルおよび L-M モデルを用いた値を併記している。図は加熱熱流束一定の条件下で回転数を変化させて得られた結果であり、空気 - 水系での結果同様回転数の増加とともに若干差圧は増加し、浅沼の式に均質流モデルを適用した結果とよく一致していることがわかる。

Fig.2 Estimation of the friction term (air-Water)

Fig.3 Estimation of Pressure Difference (Boiling)

次に Fig.4 に静止時と回転時の限界熱流束の比について示す。回転数の増加に従い、限界熱流束時の加熱熱流束は増加し、800rpm においては軸静止時状態のおよそ 1.2 倍の加熱熱流束であることがわかった。これは作動流体に遠心力が作用し、液相が環状流路外側に移動することなどから内部の流動構造が変化し、限界熱流束の増加につながったものと考えられる。

Fig.4 Relationship between CHF and rotational speed

4 参考文献

- (1)羽田野他, 日本混相流学会年会公演論文集(2004), 13
- (2)浅沼, 機論, 17-60(1951) 140
- (3)山田, 機論, 27-180(1961) 1267