

浸漬障害物による MHD 液体金属自由表面流の伝熱促進に関する研究

Study on thermal mixing of liquid-metal free-surface by obstacle installed at the bottom of a channel

*楠見 紘司¹, 功刀資彰¹, 横峯健彦¹, 河原全作¹

¹京都大学 工学研究科 原子核工学専攻

磁場中の液体金属液膜流において、液膜表面の局所加熱された高温流体部を液膜底面に設置した障害物からの渦により流体を攪拌し、温度混合を促進することを目的とした実験を行った。デルタ翼形状物体を設置した場合、最も熱輸送が促進されるが、磁場との相互作用の影響が大きいことを明らかにした。

キーワード：伝熱実験，液体金属，自由表面流，熱攪拌，デルタ翼

1. 緒言 液体金属ダイバータにおいて液体金属液膜流冷却方式が検討されているが、核融合炉内のプラズマによる液膜流の表面加熱は、液膜内部に温度成層化を生ずると懸念される。さらに、磁場下では液体金属流体特有の複雑な挙動を呈するため、効率的除熱法は確立されていない。本研究は様々な形状の物体を液体金属液膜流中に設置し、渦を形成させて局所的に加熱された液膜表面の高温流体を液膜底面へ輸送することにより、下面壁からの効率的除熱方法を検討することを目的としている。磁場を印加しない先行研究の結果から、デルタ翼型の浸漬物体が他の形状に比べ攪拌効果が大きいことが明らかとなった。本報告では先行研究と同じ実験体系で磁場を印加した場合の熱輸送効果について実験的に検討した結果について述べる。

2. 実験装置 実験には米国 PPPL の LMX 実験装置を使用した。図 1 に示すように、LMX は試験部長さ 0.80 (m)、幅 0.10 (m) のアクリル製流路で、最大 0.25T の横磁場を発生させる電磁石、液膜表面に接するように設置したヒーター、液膜底面の温度を計測する 25 本の熱電対が設置されている (図 2)。作動流体はガリスタン ($\text{Ga}_{67}\text{In}_{20.5}\text{Sn}_{12.5}$) を用い、設置物体はアクリル製デルタ翼と四角柱を用いた。レイノルズ数 Re (慣性力と粘性力の比) は 2000 から 18000、相互作用数 N (電磁力と慣性力の比) は最大 5.06 の領域で実験を行った。

3. 実験結果 デルタ翼を設置した場合、 $N = 0$ (磁場無し) と $N = 0.56$ の壁面上の最高温度の位置を比較すると、磁場効果によって流れの方向に対して右側方向の壁面に温度の最大値が現れ、その最大値は $N = 0$ の時が流路全体の温度上昇分の 83% であるのに対して、 $N = 0.56$ の時は 60% と減少した。また、磁場強度の増加に伴って減少度合いが大きくなり、磁場との相互作用の影響が大きいことが明らかとなった。

4. 考察 磁場を印加した場合にも、デルタ翼の渦形成により液膜表面から底面への顕著な熱輸送効果が維持されることが明らかとなったが、壁面の温度分布に偏りが観察された。これはデルタ翼から発生した渦と磁場の強い相互作用に起因すると考えられるが、この偏りの原因は今のところ不明である。また、磁場強度の増加に伴い壁面の温度分布の最大値が減少し、磁場との相互作用で渦強度が低下している可能性がある。

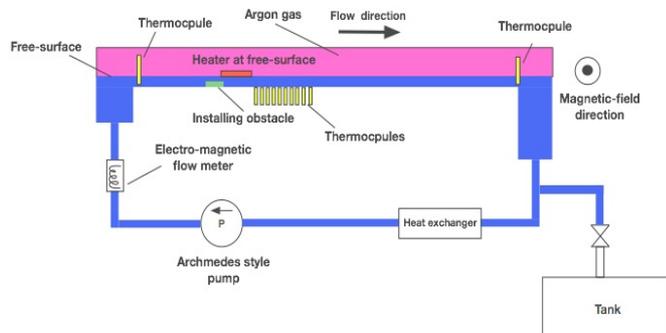


図 1, LMX 実験装置図

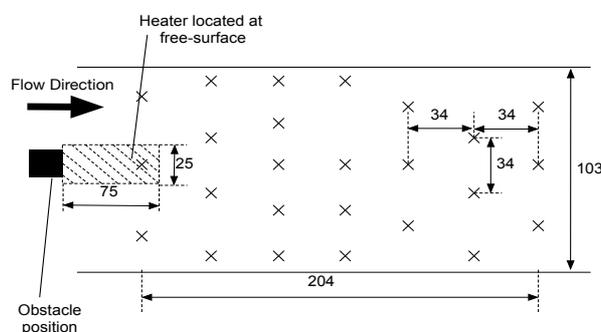


図 2, 熱電対、ヒーター、設置物体の相対位置関係

*Koji Kusumi¹, Tomoaki Kunugi¹, Takehiko Yokomine¹ and Zensaku Kawara¹

¹Kyoto Univ. Department of Nuclear Engineering.