

25Da03

流動液体金属PFCによる熱・粒子制御に関する実験的研究 A study on power and particle control by convected liquid metal PFCs

廣岡慶彦¹、毕 海林²、大宅 諒³、花田和明³
Yoshi HIROOKA¹, Susumu SUGIHARA¹, Takashi MUTO¹,
Hailin BI², Makoto OYA³, Kazuaki HANADA³

¹中部大, ²合肥工業大, ³九大
¹Chubu Univ., ²Hefei Univ. Technol., ³Kyushu Univ.

1. 研究の背景と目的

現存の磁気閉じ込め実験装置や建設中のITERでは、プラズマ加熱パワーが100MWオーダーであり、最高熱流束20MW/m²タングステンプラズマ対向機器(PFC)によって閉じ込めロス熱流束を処理するものである。しかし、DEMO炉では、加熱パワーが500MW以上と考えられており、しかも、熱伝導率の低い低放射合金を熱シンクに用いる事が要求されるので現行設計のPFCでは、閉じ込めロス熱流束を処理できない。

このような固体PFCの欠点を克服する為、講演者等は、液体金属(LM)をプラズマ対向材料とするLM-PFC概念を提唱し、過去約20年に渡って原理検証実験を行って来た。

2. 方法

今回用いられた 10 cmx3cmx3cm の四角柱型液体金属溜めの写真を図-1(a)に示した。これには、2本の電極と6本の熱電対が設置されており、加熱実験中の温度分布が計測され、電極間に直流電流を流し VEHICLE-1 装置[1]の主軸磁場とを以て液体金属を流動させた。液体金属試料として 3 元系共晶合金 Ga₆₇In_{20.5}Sn_{12.5} と熔融リチウム、熱源として VEHICLE-1 装置の定常プラズマを用いた。

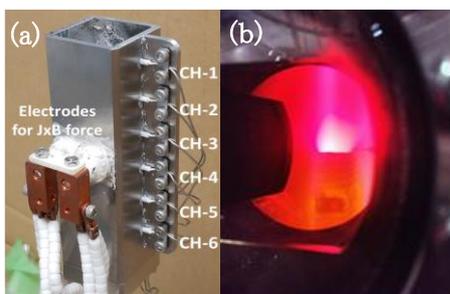


図-1: 実験セットアップ (a) 四角柱型液体金属溜め;(b) VEHICLE-1内でプラズマ照射中。

3. 結果と考察

実験結果の一例として図-2 に定常水素プラズマ加熱中の GaInSn の深さ方向の温度測定結果を示した。プラズマ照射によって加熱が始まるが、6本の熱電対の温度差は約 5°Cでその差を保ったまま全体に上昇して行く。準定常に達した段階で電極間に先ず直流 100A 通電すると即座に温度曲線が合流する。つまり JxB 流動により温度勾配が顕著に減少した事を意味する。

k is the (effective) thermal conductivity

$$\text{Heat flux: } q = -k \frac{\partial u}{\partial x} \quad \text{Temp: } u = u(x, t)$$

これは、上の式に表された関係から熱流: q が一定で温度勾配が小さくなった時、実質的に k が増大した事を意味する。次に 50A⇒25A⇒10A⇒5A と電流を徐々に減少させると、次第に 6本の温度曲線が合流しなくなることが分かった。これは、十分な液体流動が起こっていないため温度勾配が残留するものと考えられる。

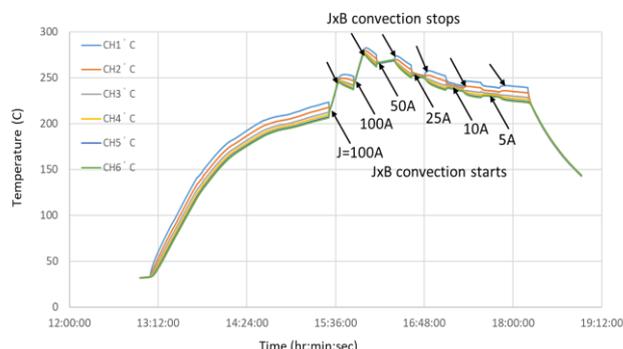


図-2: 液体金属のプラズマ照射による温度上昇・勾配形成と強制流動による勾配の消失・再形成挙動。

参考文献

[1] Y. Hirooka et al. J. Nucl. Mater. 337-339(2005)585-589.