

磁约束聚变液态金属偏滤器/限制器膜流磁流体力学效应研究

阳倦成¹, 王泽辉², 任东伟², 齐天煜², 刘佰奇², 倪明玖^{1,2*}

¹西安交通大学, 航天航空学院, 机械结构强度与振动国家重点实验室, 西安 710049

²中国科学院大学, 工程科学学院, 北京 100049

Email: mjni@ucas.ac.cn

摘要: 液态偏滤器/限制器概念一经提出便受到磁约束聚变学术界和工程界的广泛关注, 流动的液态金属膜能较好地保护第一壁的固体壁面、带走等离子体杂质, 是磁约束聚变堆中偏滤器/限制器部件的一种重要的可选方案^[1]。然而, 磁约束聚变堆内的高温、强磁场环境将极大地影响液态金属膜流的稳定性, 增加膜流流动阻力, 进而直接影响液态金属膜流功能的实现。

本课题组以此为背景, 搭建了室温镓铟锡回路和高温锂回路, 开展了一系列展向磁场影响下的液态金属膜流磁流体力学特性研究。在镓铟锡膜流的实验研究方面, 我们采用高速相机与线激光测量结合的方法对金属液膜在磁场内流动的表面波动特征及厚度特征进行了精确的测量, 结果表明展向磁场的作用会产生极大的磁流体力学阻力, 使得液膜厚度急剧增大, 这一现象与锂膜流的实验结果完全一致; 同时, 磁场也会进一步重构液膜表面波, 将原本复杂的三维表面波动变成垂直磁场方向传播的二维波动, 且随着磁场强度的增大而逐渐消失。在膜流的应用研究方面, 我们通过设计不同结构的限制器开展了高温锂膜流在较大宽度不锈钢表面的铺展特性研究, 以试图解决等离子体所胡建生教授团队在 EAST 装置中开展液态锂限制器实验中出现的膜流无法完全铺展的问题^[2]。

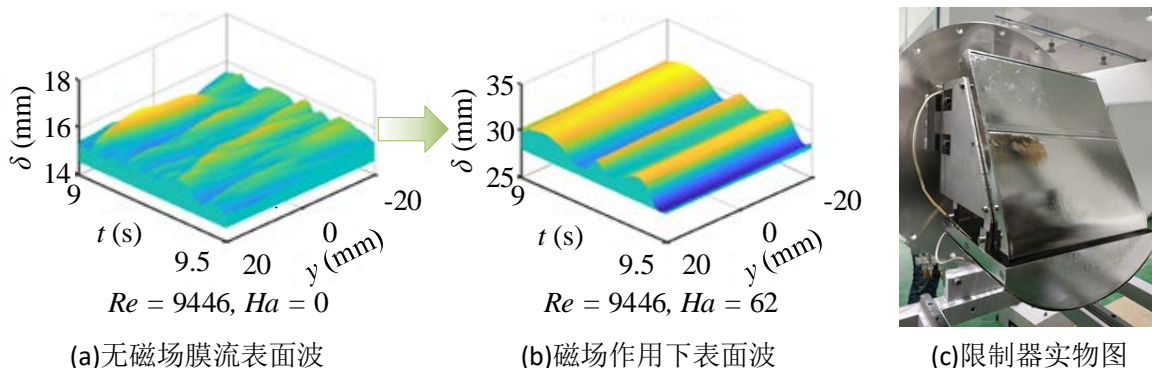


图 1 限制器实物图、膜流表面波形态及磁场对其的影响

关键词: 磁约束聚变堆; 液态偏滤器; 液态限制器; 磁流体力学效应; 金属膜流

参考文献

- [1] Abdou, Mohamed, et al. Blanket/first wall challenges and required R&D on the pathway to DEMO. *Fusion Engineering and Design* 100 (2015): 2-43.
- [2] Zuo, G. Z., et al. Results from an improved flowing liquid lithium limiter with increased flow uniformity in high power plasmas in EAST, *Nuclear Fusion* 59.1 (2018): 016009.

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2017YFE0301300), 国家自然科学基金项目 (51636009, 51776166, 11905234), 中科院先导专项 (XDB22040201, QYZDJ-SSW-SLH014)