

ADS ビーム窓設計に係る熱応力評価及び座屈評価

Evaluation of thermal stress and buckling analysis for ADS beam window design

*江口 悠太, 菅原 隆徳, 大林 寛生, 岩元 大樹, 辻本 和文

日本原子力研究開発機構

加速器駆動核変換システム(ADS)の研究開発における最重要課題の一つであるビーム窓について、液体鉛ビスマスによる外圧、高温環境下における熱応力を考慮した非線形座屈解析結果について取りまとめる。熱流動、構造等の連成解析を実施することで、従来よりも成立性の高いビーム窓設計条件を得た。

キーワード：加速器駆動核変換システム(ADS)、ビーム窓、鉛ビスマス、熱応力解析、非線形座屈解析

1. 緒言

ADS の成立性に関わる重要な構造物であるビーム窓は、加速器と未臨界炉心の境界を成す構造物であり、液体鉛ビスマス(LBE)による外圧、腐食、陽子ビームによる発熱で生じる熱応力などの影響を受ける。過去の検討[1]では、1.5GeV、20mA の陽子ビーム条件で座屈応力 4.0 MPa を満たすビーム窓概念を提示したが、ビーム窓形状が複雑で製作上の課題があった。本評価では、より簡易な形状である半球状のビーム窓概念を提示するため、ビーム窓半径、ビーム窓板厚をパラメータとした熱流動と構造の連成解析を実施し、熱応力評価及び座屈応力評価を行った。

2. 解析条件

解析には ANSYS v17.2 を使い、2 次元解析モデルを用いた。構造解析の解析モデル Fig.1 に示す。ビームダクト部をフルスケール(6450mm)で模擬し、LBE の静水圧を考慮した。温度条件は STAR-CCM+コードによる熱流動解析で得られた温度分布を与え、ビーム窓半径を 180～235mm、およびビーム窓先端厚さを 1～4mm と変化したパラメトリックサーベイを行った。

3. 解析結果

熱応力を考慮したミーゼス応力の最大値と、設計応力値 S_m を比較した結果を Fig.2 に示す。今回検討した全てのケースで、ミーゼス応力の最大値は $3S_m$ より小さく、弾性挙動の制限を満たすことが確認された。また、座屈応力については、設計応力 1.0 MPa、安全率 3 の条件に対して、ビーム窓厚が 1.5mm 以上あれば全てのビーム窓半径において制限値を満足することがわかった。これらの結果とビーム窓材料の最高温度制限(550℃)を考慮して、最も座屈耐力が高い概念は、ビーム窓半径 235mm、ビーム窓厚 3.5mm のもので、座屈応力は 9.0MPa となった。

4. 結論

ビーム窓半径、板厚をパラメータとした構造解析を行い、成立性の高いビーム窓概念を得た。

本研究は、文部科学省 原子力システム研究開発事業により実施された「加速器駆動未臨界システムによる核変換サイクルの工学的課題解決に向けた研究開発」の成果である。

参考文献

[1] T. Sugawara, et al., JNST 47, 10, 953-962 (2010).

*Yuta Eguchi, Takanori Sugawara, Hironari Obayashi, Hiroki Iwamoto, Kazufumi Tsujimoto
Japan Atomic Energy Agency

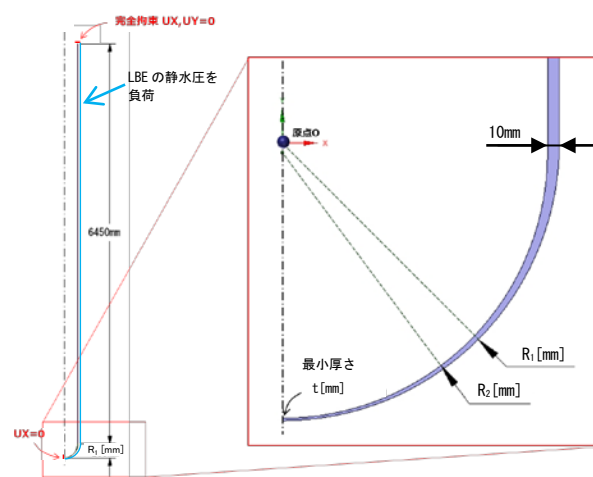


Fig.1 構造解析の解析モデル

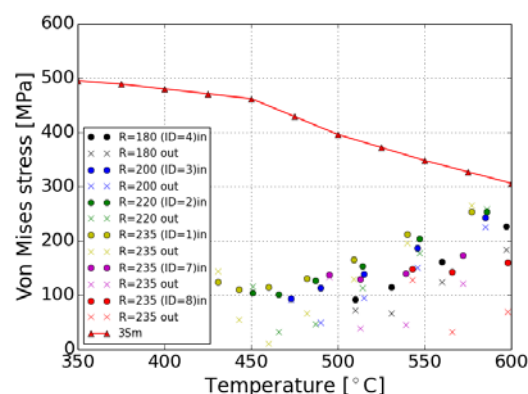


Fig.2 各ケースのミーゼス応力と設計応力値 S_m との比較