

シンポジウムV-2

IFMIF ガス冷却テストモジュールの構造解析

Structural analysis of gas-cooled test module of the IFMIF

清水昭比古, 横峯健彦, 江原真司, 長田智

九大総理工

SHIMIZU Akihiko, YOKOMINE Takehiko et al.

Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ.

1.タスクの内容

IFMIF テストセルでは材料試験に供される試料の IFMIF テストセルでは材料試験に供される試料の照射を行うが、材料の照射特性は強い温度依存性を持つため、試料は照射中、ある一定温度に保持されなければならない。試験片の温度制御は単相 He ガス(冷却)とヒーター(加熱)で行い、起動時の速やかな昇温、通常時や1ビーム off時の設定温度維持(許容誤差1%)、停止時や2ビーム off時の急速冷却などが要求される。この際、構造材の健全性維持のために冷却材の高圧化は避けねばならず、伝熱の観点からは非常に厳しい条件下での温度制御となる

2.これまでの成果と今後の課題

IFMIF テストセルの中で最も厳しい環境にある高中性子束領域テストアセンブリの開発に関して、要素技術確証フェーズ(KEP)ではガス冷却による温度制御性や照射材料内の温度分布などが吟味され、特に照射ユニットにおいては当初のデザインからの大きな修正が九大、FZK 双方から提案された。

九大案では、照射試験片-冷却材間の熱抵抗を減らし冷却性能を向上させ、また照射ユニットを横長にすることで試験片温度の同定を容易にしている。FZK 案では当初 30 近くあった照射ユニットを 12 程度に減らし、モジュールからの取り出し易さの利点を残しつつユニット内温度の一様性を改善している。

しかし、ガス圧を維持するチャンネル容器が矩形、試験片-熱媒体間に充填する材料(ボン

ド材)の選定、0.5 リットルの照射体積内に複数の設定温度(250~1000°C)の共存、支持構造材等の強度評価(構造解析)が未実施、試験片材質・位置による核発熱の非均一、予想される温度制御ヒーターの高い交換頻度、照射下における熱電対指示温度の信頼性、照射シナリオ全体を見通した設計等、依然課題は残っており、実用に耐えうるテストモジュール製作へのハードルはなお高い。

3.研究の目的

材料照射試験において、温度は材料の照射特性を左右する決定的なパラメータであるため、テストモジュールでの温度制御技術の確立は非常に重要な案件である。He ガスの冷却性能はその流量に敏感に反応するため、冷却材流路幅は的確に保持されなければならない。しかしチャンネル内外で数気圧の圧力差があるにも拘らずチャンネル容器が矩形であること、またチャンネル壁の核発熱による熱応力などから、冷却チャンネルは容易に変形することが予想される。KEP までは前提として設計が進められてきた矩形のチャンネル容器は、温度制御の点からはテストモジュール成立性の根幹を揺るがす致命的な欠点となる可能性を孕んでいる。

そこで本研究では、矩形のチャンネル容器の構造解析を行う。大変形問題が対象であることから、歪には Green-Lagrange 歪を用い、幾何学的非線形性を考慮した弾塑性有限要素解析を行う。また熱応力も考慮することで、容器の詳細な形状変化を解析する。