

核融合炉材料の疲労寿命評価技術の開発

Development of Fatigue Life Evaluation Technique for Fusion Reactor Materials

野上修平¹, 長谷川晃¹, 西村新², 野澤貴史³, 谷川博康³, 若井栄一³
 S. Nogami¹, A. Hasegawa¹, A. Nishimura², T. Nozawa³, H. Tanigawa³, E. Wakai³

¹東北大・工, ²核融合研, ³原子力機構
¹Faculty of Eng., Tohoku Univ., ²NIFS, ³JAEA

1. 緒言

核融合炉構造材料は、熱負荷や電磁力などの動的負荷を中性子照射下において受けるため、中性子照射下における疲労寿命の評価が不可欠である。中性子照射の影響を系統的に評価するためには、研究炉やIFMIFにおける試験片の中性子照射が必要であるが、照射場の制限や誘導放射能などの観点を考慮すると、微小試験片の適用が望ましい。よって、微小試験片による疲労試験技術が必要である。

本研究では、BA計画のもと、低放射化フェライト鋼を対象に微小試験片による疲労試験技術を開発した。また、この技術をタングステンやセラミックス基複合材料などの他の材料にも適用し、その適用性について検討した。

2. 微小試験片による疲労試験技術の概要

2.1 微小試験片の最適化と適用範囲

ASTMなどの規格によると、疲労試験片としては平滑丸棒型と砂時計型の2種類の試験部が推奨されている。この中で、いわゆる標準試験片は、直径5~10mm程度の平滑丸棒試験片として認識されている。よって、本研究においても、これら2種類の形状の試験部を有する試験片について、試験部の直径を1mm程度とした微小試験片について検討した。

まず、サイズ効果については、試験部の形状によらずに、直径1mm程度から10mmまで、室温では見られなかった。図は、微小平滑丸棒試験片（直径0.85~1.7mm）の疲労寿命を標準試験片の疲労寿命の構成曲線と比較した結果である。発電機器で主に対象となるような $10^3 \sim 10^5$ サイクルの範囲でサイズ効果はなく、微小試験片の適用性が示された。ただし、高温および照射などにより粒界脆化した状態では挙動が異なる可能性があるため、高温試験システムを開発した後、さらなる検討が必要である。

次に、平滑丸棒試験片に対する形状効果として、砂時計型試験片では、塑性ひずみを伴わな

いような低いひずみの条件において、標準試験片に比べ疲労寿命が短いことが明らかとなった。これは、砂時計部における応力集中のため、き裂発生寿命が短くなることが原因であった。よって、砂時計型試験片は、耐座屈性の観点で特に高いひずみの条件で優位性があることから、限定的な試験条件のもとにおいて使用することが適当であると考えられる。

2.2 試験システムの開発

試験システムの開発としては、室温および高温大気中での試験を対象とした試験システムの開発はほぼ完了し、データのばらつき等含め性能確認も完了した。しかし、核融合炉設計などへのデータの適用を考慮すると、高温真空中での試験が望ましい。高温真空中での試験を対象とした試験システムの開発のためには、高温真空チャンバーに対応した変位計の新規設計含め、開発課題が残されている。

3. 各種核融合炉材料への適用

鉄鋼系材料以外の材料への適用性を検討するため、タングステンとセラミックス基複合材料の評価を開始した。タングステンへの室温試験での適用性は確認し、基本データを取得した。今後、SiC/SiCおよびC/C複合材料への適用性も検討する予定である。

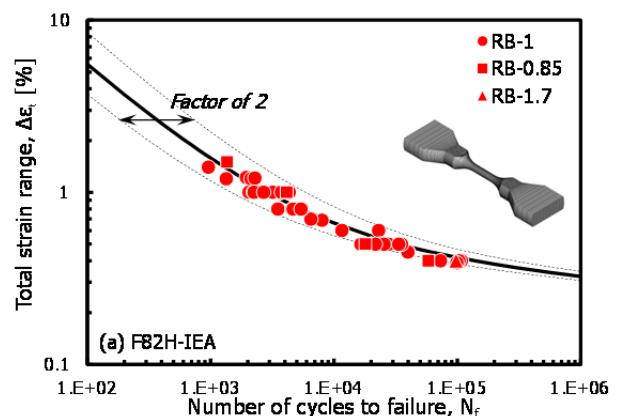


図. 微小平滑丸棒試験片の疲労寿命