

Additive Manufacturing による BWR 制御棒 落下速度リミタの軽量設計

Lightweight design of BWR control rod velocity limiters by additive manufacturing

*甚目 靖明¹, 相澤 政史¹, 中村 光晴², 片山 健二郎², 阿部 友紀², 片山 義紀², 松永 圭司²

¹(株)東芝 生産技術センター, ²東芝エネルギーシステムズ(株)

Additive Manufacturing(AM)は 3D プリント技術として広く知られ、従来手法では不可能であった中空形状の造形を可能とする。この AM 技術適用を前提として BWR 制御棒 落下速度リミタの軽量設計を行った。

キーワード : AM, Additive Manufacturing, Type316L, トポロジー最適化, BWR 制御棒

1. 緒言

BWR 制御棒の制御能力の向上および寿命を延長させる方法の一つとして、中性子吸収材の装填量を増加させることが挙げられるが、制御棒全体の質量には上限があることから、並行して構成部品の軽量化が必要となる。軽量化の余地が大きいと考えられる部品として、ステンレス鋳鋼製の落下速度リミタがある。落下速度リミタの性能を損なわないように外形状を維持しながら軽量化するためには、肉厚の中実部の中空化が効果的であり、このような中空構造物の造形には AM 技術の活用が有効と考えられる。そこで、AM による造形性を考慮しつつ、中実部を中空化することで落下速度リミタの軽量設計を行った。

2. 軽量設計方法

密度法に基づくトポロジー最適化[1]により落下速度リミタの軽量設計を行った。材料は Type316L とし、荷重条件は国内プラントのノーバップアスクラム条件と地震時スクラム条件とした。また、落下速度やスクラム速度といった流体特性を維持するため、落下速度リミタの外形状を維持する制約条件を追加した。トポロジー最適化により落下速度リミタの内部構造を適正化するとともに、AM による造形性や後工程を考慮した形状修正を行った。

3. 結果

図 1 に BWR 制御棒落下速度リミタの初期形状、トポロジー最適化後の形状、及び軽量化形状を示す。トポロジー最適化により得られた骨格構造(図中黄色部)をベースに、AM による造形性や後工程を考慮した形状修正を行った(図中青色部)。落下速度リミタ上半部の薄板部分は、内部に筋交い構造を残すことで強度を担保しつつ、大幅な軽量化を実現した。また、落下速度リ

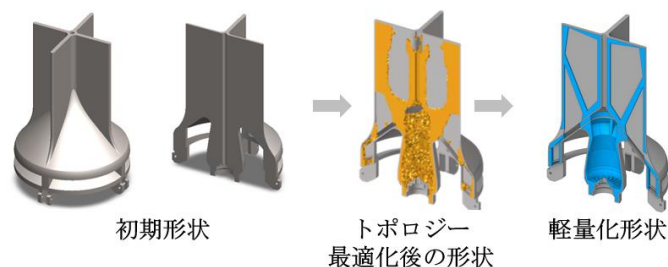


図 1 制御棒落下速度リミタの初期形状と軽量化形状

ミタ下半部の傘部は、上半部の筋交い部分から下方外周部に繋がる経路を残す形で大幅な軽量化を実現した。これら軽量化により、中実の初期形状から約 50%質量を削減できる見込みを得た。

4. 結論

従来の BWR 制御棒 落下速度リミタの外形状を維持しつつ、トポロジー最適化による中空化及び AM 造形性を考慮した形状検討を行うことにより、落下速度リミタの性能を損なわず約 50%の軽量化の見込みを得た。

参考文献

[1] Gebisa, A. W. and Lemu, H. G. (2017), IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 276 012026

*Yasuaki Hadame¹, Masashi Aizawa¹, Mitsuharu Nakamura², Kenjiro Katayama², Tomonori Abe², Yoshinori Katayama² and Keiji Matsunaga²

¹Toshiba Corporate Manufacturing Engineering Center, ²Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation