ダイバータ板のタングステンモノブロック内熱流束分布制御

Control of Heat Flux distribution in Tungsten-Monoblocks on Divertor plate

*伊藤 保之
福井工大

磁力線に沿ってプラズマ粒子が流入するWモノブロック表面の形状を調整して表面熱流束を制御しつつ、冷却配管頂部に熱障壁層を導入することにより、モノブロックの除熱性能を改善する。

キーワード：ダイバータ，Wモノブロック，磁力線，熱流束，熱障壁層

1. 緒言

核融合炉のダイバータ板を覆うWモノブロックの表面を図1のように傾斜させ、磁力線に沿って流入するプラズマ粒子が角部(leading edge)に当たり損傷させることを避けようとすると[1]、その表面熱流束に非対称性が生じピーク温度が大幅に上昇する。そこでWモノブロック表面形状を調整して表面熱流束分布を修正することにより、この問題を回避できることを示す。また熱障壁層[2]の導入による伝熱面熱流束および冷却配管温度の低減化について熱解析による検討を行った。

2. Wモノブロック温度解析結果

図1に示す如くモノブロック表面の右端コーナをカットして表面熱流束分布（平均10 MW/m^2）を対称化すれば、ピーク温度を200℃程度低減できた。同様の考え方で1つのモノブロック内で傾斜された表面に複数個の周期的な「谷」を設ければ、高熱負荷領域が分離分割され冷却配管伝熱面の熱流束低減化に若干の効果のあることが判った。

次に冷却配管(CuCrZr)外面頂部付近に厚さ~0.1mm 程度の熱伝導度の小さいチタン合金薄板(Ti-6Al-4V, κ~10W/mK)を熱障壁層として挿入すると熱流束が分散され、そのピーク値が20%程度減少した(図2)。これにより必要冷却水流量を~35%低減できる。但し熱障壁層上部の緩衝材温度が上昇するため、モノブロック表面温度の低減は120℃程度に止まる。冷却配管が低放射化フェライト鋼（F82H, 使用上限温度550℃）の場合、熱障壁層にジルコニア(ZrO_2, κ~2.5W/mK)を採用すれば、Wモノブロックの許容表面熱流束を~7.5MW/m^{2}まで見通せる。

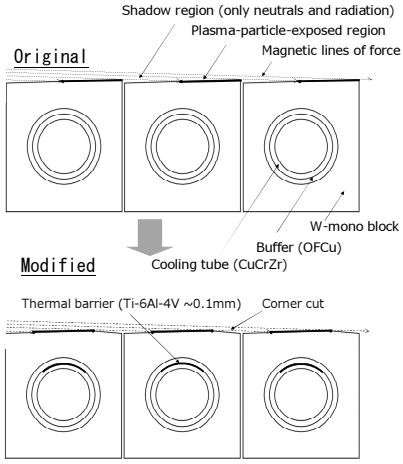

図1 Wモノブロック構成

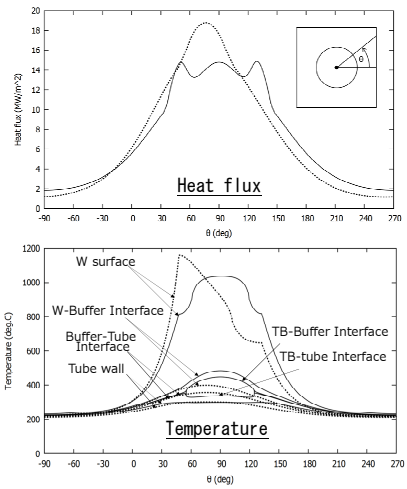

図2 冷却配管伝熱面熱流束および境界温度分布

3. 結論

Wモノブロックの表面形状修正および熱障壁層の設置により、モノブロック温度および伝熱面熱流束を大幅に低減できることが判った。

参考文献

[1] R.A. Pitts, et. al., Nuclear Materials and Energy 0 0 0 (2017) 1–15

[2] J.H. You, et al., Nuclear Materials and Energy 9 (2016) 171–176

*Yasuyuki Itoh,
Fukui University of Technology