

ITERダイバータ外側ターゲットプラズマ対向ユニットプロトタイプの製作 Manufacturing of PFU prototype for ITER divertor outer vertical target

関洋治、福田誠、櫻井武尊、鴻上貴之、中林誠治、谷川尚、江里幸一郎
SEKI, Y., FUKUDA, M., SAKURAI, T., KOKAMI, T., NAKABAYASHI, S., et al.

量研 プラズマ対向機器開発グループ
Plasma Facing Component Technology Group, QST

1. 緒言

ITERダイバータ外側ターゲットの受熱部であるプラズマ対向ユニット(PFU)のプロトタイプを製作した。PFUは、無酸素銅緩衝材が直接铸造で接合されたWモノブロック、銅合金冷却管、支持脚で構成され、この3つの部品がそれぞれろう付けされている。銅合金冷却管にろう付けされるWモノブロックは、磁力線に沿う電子・イオンは、ターゲット部の表面に対して非常に浅い角度で入射する設計である。これにより実効的な表面熱流束を最大20MW/m²まで低減される。一方、Wモノブロック形状が直方体の場合、隣合うWモノブロックの隙間に進入する電子・イオンは、Wモノブロック側面を局所的に過熱し、20MW/m²よりも高い熱流束でWモノブロック端部が溶融するリスクの可能性がある。緩和策として、W溶融を防ぐため、1PFU内の直線(高熱負荷)部ではWモノブロック間ギャップ(W間ギャップ)を0.4mm±0.1mmとなるよう厳しく管理する必要がある。PFUプロトタイプの製作をとおして得られた従来タイプと改良タイプのW間ギャップの比較結果を報告する

2. Wモノブロック間ギャップ調整の改善

従来タイプのWモノブロックの穴に铸造された無酸素銅は、W表面からの突出はなくWの幅12mmと同一である。この場合、ろう付け前のスペーサー挟みこみ、ろう付け後のスペーサーの除去作業が必要となる。一方、改良タイプのWモノブロックの無酸素銅は、W表面から0.4mm

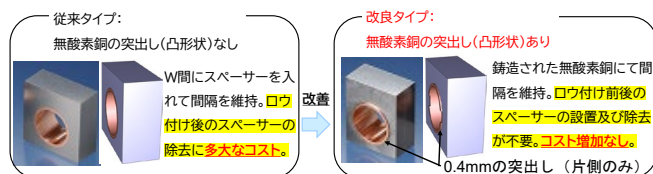


図1 従来タイプと改良タイプのWモノブロック比較図

分突出しており、W間ギャップを維持するためのスペーサーの役割を担う。スペーサーが不要となるため、ろう付け前のPFU移動時のスペーサーのずれやろう付け後の除去の手間がなくなる。改良タイプの実機長PFU製作に至るまで、Wモノブロックの試作や小型試験体の高熱負荷繰返し耐久試験を経た。今回製作した実機長PFUは8本であり、866か所のギャップをGapgunにて計測した。公差に対する評価を式(1)の工程能力指数を用いて表1に示す。

$$\text{工程能力指数}(C_p) = \frac{(\text{公差上限} - \text{公差下限})}{(6 \times \text{標準偏差})} \dots (1)$$

表1 直線部におけるWギャップの工程能力指数

Wタイプ	計測Gap个数	Cp
従来タイプ	536	0.98
改良タイプ	330	1.76

一般的に量産時の品質維持として工程能力はCpが1.33以上必要とされており、不良が発生し改善が必要とされる従来タイプに比べ、改良タイプでは十分にギャップ調整ができていたことが分かる。本研究により、作業効率化と歩留まり向上の改善策は実証され、Wモノブロック同士の間隔を容易に制御可能とした。

3. 結論

ITERダイバータ外側ターゲットの受熱部であるPFUの実機長プロトタイプの製作をとおして、無酸素銅緩衝材を突き出した改良タイプのWモノブロックにて、ギャップ精度(±0.1mm)を1PFUあたりで実証した。今後の課題として、実機長プロトタイプのPFUを、実機大の支持構造体に組み付けOVTプロトタイプを完成させる中で、隣り合うPFU間の全ギャップ・平面度・輪郭度の実証を目指す。