

26aB41P

ITER 真空容器の規格開発に関する基礎試験

Basic Tests for Development of ITER Vacuum Vessel Code

中平 昌隆

原研

Masataka NAKAHIRA

Japan Atomic Energy Research Institute

ITERの真空容器は、トリチウム及び放射化ダストの障壁を形成する主要機器である。ITER 真空容器の規格上の特殊性は、二重壁構造である。この二重壁構造のため外壁溶接の際には片側からしかアクセスできず、リブと外壁のT継手は部分溶け込みの特殊な溶接となる。これらの特殊事情により、新規格の開発を開始した。これらの裏付データ取得のため、基礎試験として特殊な継手の継手効率及び疲労強度減少係数の取得、すきま腐食感受性試験を実施した。

二重壁構造の特殊性は、二重壁を閉じるための最終的な溶接にある。この最終溶接は、二重壁の外側からのみ可能となるため、溶接の健全性を評価するための初層の裏側は閉鎖された二重壁の内部となる。このため、外部から初層裏側へのアクセスができないことからその検査は実質的に不可能となる。検査ができない場合の既存の構造規格では、溶接の継手効率が0.6と大幅に低い値が定められており、二重壁真空容器の設計は困難となる。このため、新しい溶接継手の提案とその成立性を評価すると共に、この継手に適用可能な新しい構造規格を策定する必要がある。

この最終溶接に関して従来のようにリブをT字に加工し、外壁を突き合わせ溶接とするには、ITER 真空容器の大型で3次元形状をもつ部品の組立精度を考えると現実的ではなく、リブに外壁を乗せてしまうような形状が望まれる。また外壁が薄板力主体であり、外壁の板厚方向には未溶着部を回避すべきことから、図1に示すようにリブの厚み方向に部分溶け込みとする継手とした。この二重壁構造に起因する検査性や製作性の合理化を図ることが可能な部分溶け込みT字溶接部の構造技術基準への受容性を確認するため、強度と腐食耐性に関する特性を評価した。

まず、強度特性データとして、継手効率と疲労強度減少係数を求めた。試験片としては、実大の非平滑大型試験片を用い、形状効果が直接現れるようにした。この結果、

継手効率は部分溶け込み溶接でも90%以上の値となり、十分使用に耐えると判断した。しかし、疲労強度に関しては溶接手法により結果が異なり、電子ビーム溶接による継手は疲労強度減少係数5となり、非平滑大型試験片であることを加味して使用可能と判断したが、MAG 溶接による試験片は疲労強度減少係数が6となり、溶接品質が TIG や MIG 並に確保できない限り真空容器への使用は避けるべきであるとの結論に達した。

一方、腐食耐性に関しては、材料がSUS316Lと、もともと SCC 耐性に優れ、また真空容器の中性子照射量も小さいことから TASSC も誘起されにくいことから、特に部分溶け込みT字溶接継手のすきま腐食に関する耐性を確認した。結果として、すき間腐食が発生する下限界塩素イオン濃度は 35ppm と判断され、ITER の水質条件 0.005ppm はこれよりはるかに小さいため、すき間腐食は発生しないと言うことを明らかにした。

以上から、この部分溶け込みT字溶接継手は十分に実用性があることを証明でき、これにより真空容器設計および製作において大幅な合理化をすることが可能となる。

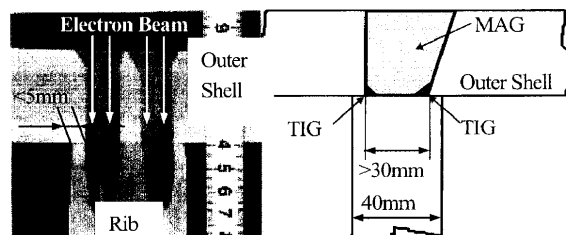


図1 特殊なT字継手

26aB42P

ITER 用 170GHz ジャイロトロン長の長パルス動作における発振安定性

Characteristic of Long Pulse and High Power Oscillation of the 170GHz gyrotron for ITER

春日井敦、南龍太郎、高橋幸司、小林則幸、坂本慶司

原研那珂研

A. Kasugai, R. Minami, K. Takahashi, N. Kobayashi and K. Sakamoto

JAERI-Naka

原研では、核融合プラズマの加熱・電流駆動のためにミリ波大電力ジャイロトロンを開発を行っている。これまでに 0.5MW-100 秒発振を達成し、準定常動作を実証した。一方、想定はしていたものの、長パルス動作を実証するまで顕在化されなかった現象を今回明らかにした。1つは(a)出力が突然階段状に低下し(約50%低下)、下流側に設置したモード変換器での異常発熱を観測したことであり、もう1つは(b)出力が突然止まり、ジャイロトロン内真空度が急上昇する現象が見られたことである。今回、これらの現象を報告するとともに、その考察、対応策について述べる。なお次に実験予定のジャイロトロンでは対策が施され、安定した長パルス動作を達成することが期待できる。

考察:

- 1) 現象(a)について、時間的な周波数測定により、この出力変化に伴い、発振周波数が 170GHz から 167GHz に変化することを見いだした。これにより、次のメカニズムを結論した。
- 2) 電流が低下したことにより、空洞共振器内において、正規モード($TE_{31,8}(+)$)での発振が維持できなくなり、 $TE_{31,8}(+)$ モード発振が止まる。代わって、これまで正規モードにより抑制されていた競合モードが成長する。ここで、観測された競合モードは 167GHz の周波数より $TE_{30,8}(+)$ モードであると判断できた。
- 3) $TE_{30,8}(+)$ モードは発振効率が低いので、電子ビームは高いエネルギーを保持したまま下流側のモード変換器に入る。その結果、この電子ビームをエネルギー源としてモード変換器内にて 150GHz 近傍の寄生発振が生じ、異常発

熱に至った。

- 4) 現象(b)については、RFがジャイロトロン出力窓からほとんど出力されないうえ、発振モードが出力窓までたどり着けない逆回転モードである $TE_{28,9}(-)$ モードが発振したと結論した。 $TE_{28,9}(-)$ モードはジャイロトロン内で散乱・吸収され、内表面の吸着ガスを放出させた結果、真空度が急上昇した。

対応策:

0.5MW-100 秒発振では、空洞共振器に印加する磁場をビーム電流減少に伴い徐々に増加させる工夫を行うことで、発振を安定化させることに成功した。しかし、磁場を上げると効率が低下するため、今後プレプログラミングによるヒーター入力制御、電圧制御を導入し、より安定した大電力・連続出力化に対応する。

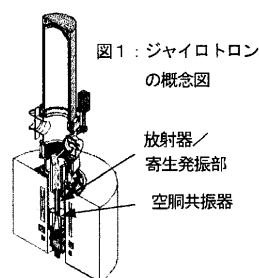


図1: ジャイロトロン概念図

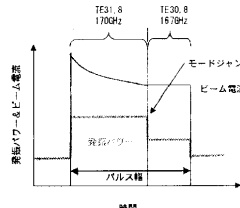


図2: 発振パワーとビーム電流の模式図(現象(a))