

レーザー超音波法によるタングステンモノブロックにおける表面破壊亀裂の非破壊検出及び評価

Non-destructive crack depth evaluation method in tungsten monoblock by laser ultrasonics

安藤 颯介¹、リ ハンテ¹、関 洋治²、鈴木 哲²、伊庭野 健造¹、上田 良夫¹
S. Ando¹, H.T. Lee¹, Y. Seki², S. Suzuki², K. Imano¹, Y. Ueda¹

¹大阪大学大学院工学研究科、²量子科学技術研究開発機構

¹Graduate School of Engineering, Osaka University,

²National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology (QST)

ITERダイバータにおいて熱負荷が最大となる垂直ターゲットにタングステン(W)モノブロックを使用して高熱流束から冷却管を保護することが考えられている。そこで20MW/m²の周期的なパルス熱負荷を与えた後に、モノブロック中央に冷却管方向に表面破壊亀裂が頻繁に発生することが知られている[1]。このような表面破壊亀裂は、Wモノブロック上部の繰り返しの熱応力、再結晶化、金属疲労など高温に周期的にさらされることによるものと考えられる。したがってWモノブロックの周期的パルス熱負荷による亀裂の進展を評価するためには、非破壊試験法による亀裂の深さ分布の測定が必要である。また、表面のみが診断用に見えるITERダイバータにおいてその場診断を行うためには非接触方式での評価が望ましい。

本研究では、非破壊・非接触試験法の一つであるレーザー超音波法をもちいて、熱負荷によってWモノブロックに発生した亀裂の深さを測定した。実験の概略図を図1に示した。実験ではNd:YAGパルスレーザー(パルス幅10ns、波長1064nm)を線状に集光した後、試料に照射し、亀裂の発生している試料表面に表面波を発生させている。さらにレーザードップラ振動計を用いて表面変位の時間変化を計測することで、亀裂で反射した表面波を観測し解析することで亀裂の検出およびその深さを評価した。また亀裂方向に沿って(図中のx軸方向)2つのレーザーを走査して実験を行い、それぞれの場所における亀裂の位置及び深さを測定することで亀裂の形状を評価した。

図2(a)に亀裂で反射したレイリー波による変位信号をx軸方向に走査して得た2次元マッピングデータを示した。また亀裂の表面及び端から見た断面写真を図2中に示している。写真からWモノブロックに発生した亀裂はx軸方向に一定でなく内部での形状が複雑になっていることが予想される。W中のレイリー波速度と亀裂で反射したレイリー波の到達時間を解析することによって振動計レーザーから亀裂までの距離を計算し、亀裂の正確な位置と表面形状を評価したところ、亀裂の表面観察写真における位置と良く一致した。また亀裂の表面及び先端で反射した

レイリー波の到達時間差を解析することで、それぞれの位置における亀裂の深さ分布を評価した。これらの結果から、レーザーによって励起したレイリー波を用いて深さ数mm程度の亀裂の進展を評価することが出来ると考えられる。

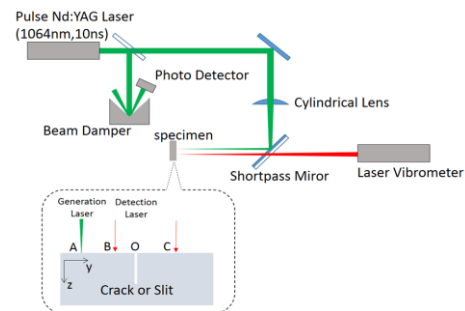


図1 実験の概略図

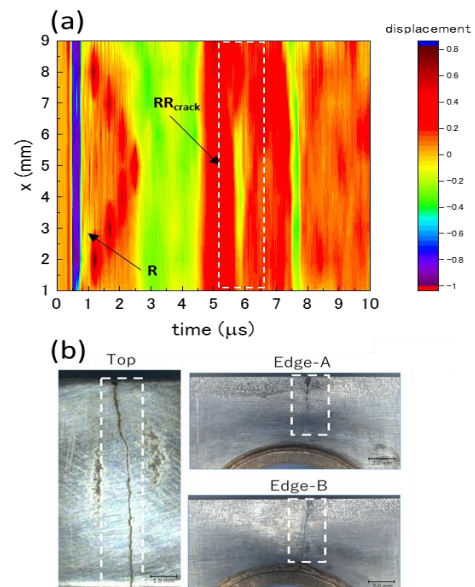


図2(a)亀裂の発生したWモノブロックにおける変位信号の2次元マッピングと(b)亀裂表面の写真

参考文献

[1] T. Hirai, et al., "Use of tungsten material for the ITER divertor", Nuclear Materials and Energy, 9 (2016) 616-622.

