

高エネルギー白色X線を利用したmmオーダー深部 μm オーダー領域の三次元応力測定に関する研究

Basic research on three-dimensional stress measurement both in the depth of the order of millimeter and in the region of the order of micrometer using high energy white X-rays

柴野 純一¹⁾ 菖蒲 敬久²⁾ 鈴木 賢治³⁾ 金子 洋²⁾
桐山 幸治²⁾ 梶原 堅太郎⁴⁾ 西村 優⁵⁾

Jun-ichi SHIBANO, Takahisa SHOBU, Kenji SUZUKI, Hiroshi KANEKO,

Yukiharu KIRIYAMA, Kentaro KAJIWARA and Suguru NISHIMURA

¹⁾北見工大 ²⁾原子力機構 ³⁾新潟大 ⁴⁾JASRI ⁵⁾北見工大院

高エネルギー放射光白色X線を利用した材料内部の三次元応力測定に必要となる内部ひずみマッピングをレーザーピーニングされたTi6Al4V材とU溝溶接施工されたSHY57材について行った。その結果、両試験片において溶融部、熱影響部近傍の内部ひずみの断面マッピング図を得ることができた。
キーワード：シンクロトロン放射光、白色X線、ひずみマッピング、エネルギー分散法

1. 目的 2006AではBL14B1において、高エネルギー白色X線によるひずみ測定の問題点や課題を検討した⁽¹⁾。その結果、精度を高めるための測定条件をほぼ明らかにすることができた。産業利用を考えると、材料内部に三次元的に分布する残留応力の測定法を確立しなければならない。そこで、実際に内部に三次元的な応力分布が存在するレーザーピーニング材と溶接材を用いて、板厚方向のひずみをマッピングし高エネルギー放射光白色X線による測定の有効性を検討する。

2. 方法 SPring-8に設置された日本原子力研究開発機構関西研究所の専用ビームラインBL14B1において得られる白色X線（約50～150keV）を利用する。検出器にはGeのSSDを用いる。X線のエネルギー弁別はMCA（4096チャンネル）で行う。試験片材料には、表面に単発でレーザーピーニングされたTi6Al4V材（10×10×6mm³）とU溝溶接施工された溶接構造用高張力鋼SHY57材（100×100×10mm³）を用いた。回折角はTi6Al4V材が6°、SHY57材が10°とした。スリットサイズは入射側が高さ50μm×幅200μm、受光側は高さ50μm×幅500μmである。試料を透過した回折X線から、内部ひずみを測定する。試料を移動させることによって内部ひずみのマッピングを行った。Ti6Al4V材では、レーザーピーニング位置を含む断面内の厚さ方向ひずみを試料表面平行方向に150μm間隔で9点、試料表面垂直方向に35μm間隔で9点、合計81点、SHY57材では溶接部より3mm離れた位置より1mm間隔で10点、底面から内部0.6mmの位置から1mm間隔で10点、合計100点の溶接線直交方向のひずみ測定を行った。測定時間は各試料、各点600秒である。なお、ひずみ算出に必要な無ひずみ時の回折X線エネルギーはTi6Al4V材では測定領域内で最もレーザーピーニング位置より離れた位置、SHY57材では溶接線中心より19mm離れた板厚内部5mmの位置から求めた。

3. 研究成果・考察 Ti6Al4V材のTi(110)面から得られた回折X線ピークからひずみを算出した。その結果、レーザーピーニング領域の幅0.4mm深さ0.06mmに大きな引張りひずみが生じているのがわかった。さらに深さ0.15mm付近にも引張りひずみ領域が測定された。これは衝撃波が内部にも塑性ひずみを生成した可能性が高い。全体には引張り応力に釣合うように圧縮ひずみも観察された。SHY57材では、例えばαFe(321)面の測定結果から溶接線近傍表面に高い引張りひずみ、そのすぐ外側に圧縮のひずみが観察された。これは溶接近傍の残留応力分布と比較して妥当な分布と思われる。また、半価幅は溶接部のみに広がりが見られ、塑性域が溶接部に集中している様子も明らかにできた。

4. 結論 高エネルギー放射光白色X線によって10mm厚の材料内部に三次元的に分布するひずみのマッピングが可能であることが明らかになった。三次元応力分布を算出するためには、原理的には6方向の独立したひずみ分布のマッピングが必要となる。今後は透過型の回折X線による三次元応力算出のための測定方法を検討し、溶接材などの残留応力評価に適応する。

5. 参考文献

- (1) T. Hirata, J. Shibano, T. Shobu, K. Suzuki, H. Kaneko and M. Kobayashi: Strain Measurement in the Depth of the Order of Millimeter Using High White X-rays, *Key Engineering Materials*, Vols.324-325, pp.1225-1228, 2006.