

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 ピンポイント応力測定に関する基礎研究

Basic research on pinpoint 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⁾ 平田 智之⁴⁾

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

Yukiharu KIRIYAMA and Tomoyuki HIRATA

¹⁾北見工大

²⁾原子力機構

³⁾新潟大

⁴⁾北見工大院

高エネルギー白色X線(50~150keV)を利用して、4点曲げ負荷された厚さ5mmの試料を透過した回折X線から、深さ2.5mmの位置の $50 \times 574 \times 300 \mu\text{m}^3$ の領域のひずみを測定した。測定領域内の結晶粒数、回折X線エネルギー、SSDエネルギー検出効率などが測定精度に及ぼす影響を明らかにした。

キーワード：シンクロトロン放射光、白色X線、内部ひずみ、残留応力、エネルギー分散法

1. 目的 著者らはこれまでに比較的低エネルギー(~40keV)の白色X線を用いた残留応力測定を行ってきた⁽¹⁾。欧米では、最近、シンクロトロン放射光から得られる高エネルギー白色X線を用いた材料内部の応力測定が行われている⁽²⁾⁽³⁾。しかし、測定精度や測定方法の確立の点で、まだ十分な検討が行われているとはいえない。そこで、日本の大型放射光施設 SPring-8 で得られる高輝度、高指向性で高エネルギーの白色X線を利用して材料内部の mm オーダー深部の μm オーダー領域のひずみ・応力を高精度に評価するための測定方法の確立と実材料への適用のための検討を行う。

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線を用いる。白色X線として約50~150keVのエネルギー幅を利用できる。検出器にはGeのSSDを用いる。検出されたX線のエネルギーはMCAによって4096チャンネルに弁別する。試験片材料には低合金高張力鋼 WEL-TEN780E を用いる。結晶粒度はASTM#8程度である。Bragg角は主要な格子面の回折X線エネルギーがその範囲に入るよう考慮し 5° とする。スリットサイズは入射側が高さ $50 \mu\text{m} \times$ 幅 $300 \mu\text{m}$ 、受光側は高さ $50 \mu\text{m} \times$ 幅 $500 \mu\text{m}$ である。試料に4点曲げによって約 $\pm 2000 \mu\text{e}$ のひずみを負荷する。厚さ5mmの試料を透過した回折X線から、深さ2.5mmの位置の $50 \times 574 \times 300 \mu\text{m}^3$ の領域のひずみを測定する。測定時間は各点900秒である。測定精度に影響を及ぼす因子として、結晶粒数、回折X線エネルギー、SSDエネルギー検出効率などを検討する。

3. 研究成果・考察 60~120keV程度の高エネルギー白色X線を用いれば、厚さ5mmの低合金高張力鋼を透過した回折X線を用いて内部ひずみを測定できることがわかった。測定精度に影響を及ぼす因子を検討し以下の結果が得られた。1) ゲージボリューム内に含まれる結晶粒の数が多いほうがよい。本試料では5000以上あれば十分な精度が得られている。2) 回折X線プロファイルのガウス曲線近似時の決定係数は高いほうが良い。基準として0.99以上。3) 回折X線エネルギーはエネルギー分散法の特徴から高いほうが良い。ただし、SSDのエネルギー検出効率が100%の範囲を超えると測定精度は低下しやすい。4) 回折強度は高いほうが良い。回折X線エネルギーにもよるが基準として3000カウント以上。5) エスケープピークが回折ピークと重なる場合、測定精度が低下する場合がある。測定条件の設定の際に考慮すべき。6) 回折格子面によってひずみ分布のはらつきが異なる。本試料では α Fe(321)面の測定ひずみの精度がたいへん高い。測定領域が小さいことにより回折格子面によって第2種応力の影響が顕著に現れている可能性も否定できない。今後の検討課題である。

4. 結論 高エネルギー白色X線によって材料深部の微小領域のひずみを十分な精度で測定できることが明らかになった。今後はさらなる測定精度向上を検討し、実材料の残留応力測定への適用を図る。

5. 引用(参照)文献

- (1) J. Shibano et al.: Polychromatic X-ray method for residual-stress measurements in a subsurface layer, Experimental Mechanics, Vol.36-1(1996), pp.24-32.
- (2) W. Reimers et al.: Evaluation of residual stresses in the bulk of materials by high energy synchrotron diffraction, Journal of Nondestructive Evaluation, Vol.17-3(1998), pp.129-140.
- (3) M. Croft et al.: Strain profiling of fatigue crack overload effects using energy dispersive X-ray diffraction, Int. Journal of Fatigue, Vol.27(2005), pp.1408-1419.