

# 粗大粒を持つ材料の内部残留応力の評価法の開発

## Internal Stress Measurement for Coarse Grains

新潟大学教育学部 鈴木 賢治 Kenji SUZUKI

### 1. はじめに

応力腐食割れ (SCC) のき裂の発生、進展においては、表面から内部応力の応力評価が不可欠である。一般のX線応力測定法は、等方均質な多結晶体を前提とした方法である<sup>1)</sup>。粗大粒の応力測定の研究<sup>2)</sup>も進められているが、それで解決できない場合も多い。例えば、溶接部は粗大粒かつ集合組織を持ち、従来のX線応力測定標準がどこまで適用できるかを検討している所である<sup>3)</sup>。

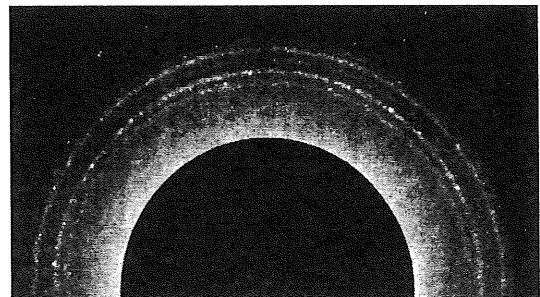
一方、内部の非破壊的な応力測定も要求される。内部の応力測定では、中性子線が優れた方法といえるが、中性子束の強度が小さいために長時間をする。また、中性子応力測定のゲージ体積も1mmの寸法と空間分解能が大きいために表面付近を測定するには、改善する必要がある。それに対し、高エネルギー放射光は高輝度かつ十分な透過力を持つので、10mm以内の内部であれば、 $\mu\text{m}$ オーダーの空間分解能で測定可能である。しかし、いずれにしても粗大粒の問題を解決する必要がある。

本提案では、粗大粒のための高エネルギー放射光X線を利用した応力測定を提案する。

### 2. 粗大粒、局所領域の応力測定の課題

多結晶体のラボX線による背面反射撮影した回折パターンの例を図1(a)に示す。等方均質な細粒であれば、X線照射域に対して十分な数の結晶粒が存在するので図に示すような連続環となり、0次元検出器でどの方位を測定してもきれいな回折強度曲線を得ることができる。その回折角度 $\theta$ からひずみ $\varepsilon$ を精度よく測定することが可能である。

しかし、X線照射域に対して結晶粒が十分な数が存在しない場合は、図1(b)のようなスポット状回折環になる。そのため、0次元または1次元検出器で回折



(a) 細粒からの連続回折環



(b) 粗大粒からのスポット状回折環

図1 回折環

強度曲線を測定すると検出器の走査方位によっては回折データを得られない。また、回折強度曲線の形は大きくゆがむことが多い。この現象は粗大粒問題といわれ、古くからX線応力測定の難問とされていた。粗大粒問題は、X線照射領域と結晶数との関係で生じるので、粗大粒だけの問題ではなく、細粒であってもX線照射域を微小にしたときも同様である。

粗大粒問題の原因是、回折環がスポット状になるにもかかわらず、連続環を仮定することにある。その抜本的な解決策は、IP(イメージングプレート)やX線CCDカメラなどの2次元検出器を取り入れることである。しかし、高エネルギーのX線回折を2次元検出器から応力を評価する実験・研究は未だ確立していない。

<sup>1</sup>連絡先: 鈴木賢治 〒950-2181 新潟市西区五十嵐二の町8050番地、新潟大学教育学部、電話025-262-7087、E-mail:suzuki@ed.niigata-u.ac.jp

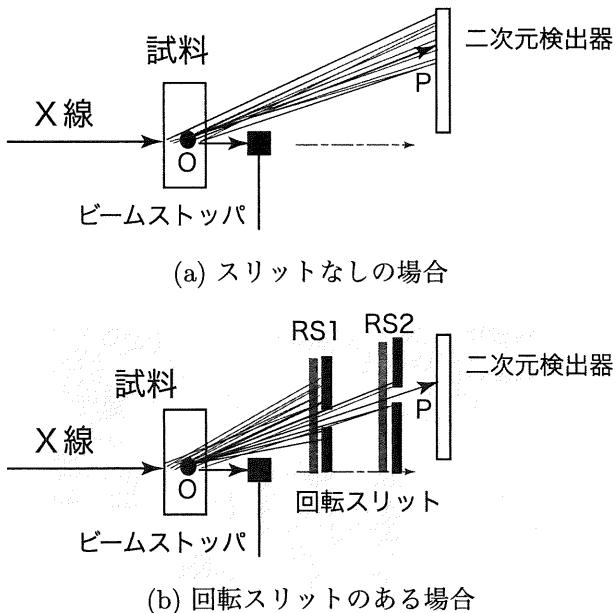


図2 透過法による2次元結像法

### 3. 高エネルギーX線と2次元検出器

ラボX線の場合は、表面からの反射を考えればよいが、高エネルギーX線は材料内のあらゆる所から反射が起こる。材料を透過して回折環を測定する様子を図2(a)に示す。材料中を透過するX線ビームとその領域からのX線回折を考えると、図に示すようにX線の透過域のあらゆる所から回折が発生する。それらのX線カウントがすべて重ね合わされて2次元検出器に結像する。ゆえに、2次元検出器のイメージから、どの位置の回折であるかを特定することができない。

この問題を解決するには、高エネルギーX線の回折に関わる領域(ゲージ体積)を特定し、その位置の回折だけを正確に2次元検出器に導くスリットを用意する必要がある。そのスリットの概略を図2(b)に示す。図中のゲージ体積の位置Oと二次元検出器の位置Pが正確に対応するように、回転スリットRS1およびRS2が他からの散乱X線を制限すれば、二次元検出器のPの位置は、試料位置Oの回折強度だけを測定することになる。

この幾何学的条件を2次元検出器のすべての位置で満足するように回転スリットが動く必要がある。そのために、図3に示す回転スリットを用いる。RS1およびRS2は、それぞれインボリュートスリットおよびラジアルスリットの組み合わせで構成される。X線光路を制限された後 $\overline{OP}$ に一致するように回転スリッ

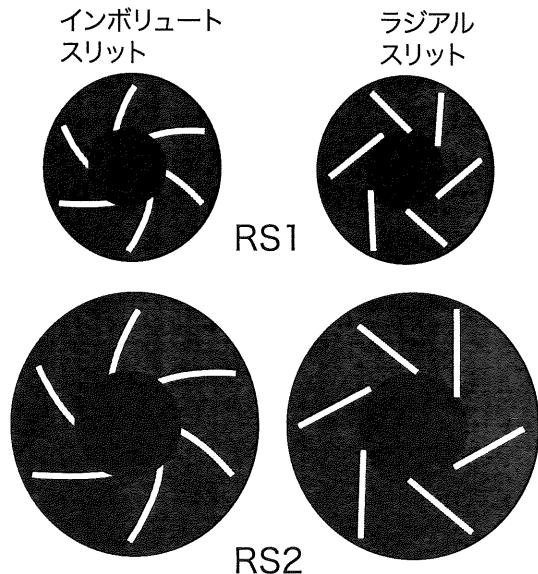


図3 回転スリット

トRS2が同様な位置にある。回転スリットのインボリュートスリットおよびラジアルスリットはそれぞれ独立して回転する。インボリュートスリットの回転に対してラジアルスリットは異なる周期で回転する。スリットで制限された光路が、2次元検出器の全面を等しい重みでカバーすると正確なイメージが構成できる。

### 4. 課題 — 等方均質多結晶からの脱却

本装置が開発されれば、高精度なスポット状回折環の2次元像を得ることができ、従来の等方均質多結晶の仮定を脱却し、新しい応力測定の幕開けとなる。粗大粒または微小領域の表面から内部応力に至る応力評価が可能となる。また、溶接部の集合組織を持つ粗大粒の応力評価も実現できる。さらに、2次元検出器を利用するため測定効率も大きく改善できる。

本研究に対する産業界からの共同を期待する。

### 参考文献

- 日本材料学会, X線応力測定法標準—鉄鋼編, (2000).
- T. Shobu, H. Konishi, J. Mizuki, K. Suzuki, H. Suzuki, Y. Akiniwa and K. Tanaka, Materials Science Forum, Vol. 524-525, pp. 691-696 (2006).
- 栗村隆之, 佐野雄二, 大城戸忍, 第42回X線材料強度に関する講演論文集, pp.72-77 (2007), 日本材料学会.