

**高エネルギー放射光 X 線と 2 次元検出器を組み合わせた  
粗大粒 SUS316L の応力評価の試み**

Stress evaluation of SUS316L with coarse grains  
using hard X-ray and IP

鈴木賢治<sup>1)</sup>

Kenji SUZUKI

菖蒲敬久<sup>2)</sup>

Takahisa SHOBU

<sup>1)</sup>新潟大学

<sup>2)</sup>原子力機構

油圧装置でハッチ外から引張負荷するジグを開発し、68keV の X 線により透過法で IP により各回折を測定し、ひずみ評価を実施した。負荷装置の改良を行い精度のよい負荷実験ができた。そのデータの解析から、IP によるひずみ測定が可能である。

**キーワード** : stress measurement, coarse grain, hard X-ray, IP

### 1. 目的

オーステナイト系ステンレスは、粗大粒になり易く、特に溶接部は粗大粒となる。実際には、ビームサイズを超える粒径を持つ粗大粒の応力測定が必要である。このような粗大粒の X 線応力測定は未確立であり、その研究が待たれている。粗大粒の X 線応力測定の確立をめざし、本研究は粗大粒を持つオーステナイト系ステンレスのスポット状の回折環を 2 次元検出器で測定し、応力を評価する課題の第一段階として、本研究では、以下について検討する。

1. 2 次元検出器を用いた応力測定を試みること
2. 2 次元検出器によるひずみ測定のための課題と可能性を整理すること

本研究の成果の上に、次回は 2 次元検出器による粗大粒の応力評価法の確立を目指す予定である。

### 2. 方法

本実験では、縦型の油圧アクチュエータにより試験片を立てて透過法でひずみ測定を行う。透過型で応力測定を行うために、高エネルギー X 線が必要であり、また高精度のひずみ測定のために発散の少ないシンクロトロン放射光が適している。一方、回折像の測定は、2 次元検出器(イメージングプレート)および読み取り装置を用いる。

具体的には、以下の実験を行った。

- 1) まず、理想的な連続回折環の出るよう S45C の焼鉄材の平板試験片を用意する。
- 2) ハッチ外から油圧にて約 10kN の引張力を負荷できる小型の負荷ジグを作成する。
- 3) 正確な既知応力を負荷しながら、回折環をイメージングプレートで測定する。
- 4) 負荷荷重と試験片のひずみを動ひずみ計で測定し、記録する。
- 5) IP の画像を処理して各結晶の格子ひずみを測定する。
- 6) 測定された応力と負荷応力を比較し、測定精度の評価とその向上の課題を検討する。

### 3. 研究成果

#### 3・1 負荷ジグの開発

2次元検出器によるひずみ測定のために、まず試験片に引張負荷をかけながらIP測定を行うために、ハッチの外から負荷をかける装置を開発した。負荷ジグの外観を図1に示す。負荷ジグは、ハッチの外から油圧駆動により試験片に10kNの引張荷重を負荷することができる。

本負荷装置を用いてIP測定実験を行ったが、いくつかの問題点が明らかになった。一つは、油圧ゲージから正確な荷重を計測するのが困難であった。そのため、両油圧シリンダーに荷重変換器を新たに設置し、引張荷重を正確に直接測定した。二つ目は、荷重変換器とシリンダーの軸とを一致させることができ難かった。その解決のため、シリンダーヘッドを円錐凹面に加工し、荷重変換器の軸が一致するようにした。

以上の結果、正確に軸力を負荷して本来の負荷性能を実現できるように改善できた。

#### 3・2 ひずみ測定結果

S45Cの微細な結晶を持つ材料を試験片として、引張応力に対する格子定数の変化をIPにより測定した。その結果を図2に示す。図中の点線の傾きは、S45Cのヤング率を示しており、測定された各回折面から得た格子定数の変化から、ほぼ正確にひずみが測定できていることがわかる。ただし、測定格子面ごとの格子定数が一致しない問題、また精度の高いひずみ測定の実現が必要である。

### 4. 結論・考察

以上の実験から、IPを利用した2次元検出器により、ひずみ測定の可能性が実証できた。ただし、より精度の高い解析法について検討する必要がある。今回は、最大強度の画素を中心として、負荷方向の半径方向に直線を引き、そのプロファイルをガウス近似して回折角を単純に計算している。より正確なひずみ測定を行うには、格子面間隔の正確な測定が要求される。今後は、粗大粒の測定を行い、スポット状の回折を2次元検出器で測定し、その有効性を確認することに、発展させる予定である。

また、2度目の実験ではスパイラルスリットを装備して測定したが、その調整に時間を要した。この改善にも検討が必要である。次の実験では、スポット状の回折環を持つ、オーステナイト系ステンレスの応力評価に進める。

### 5. 引用(参照)文献等

なし

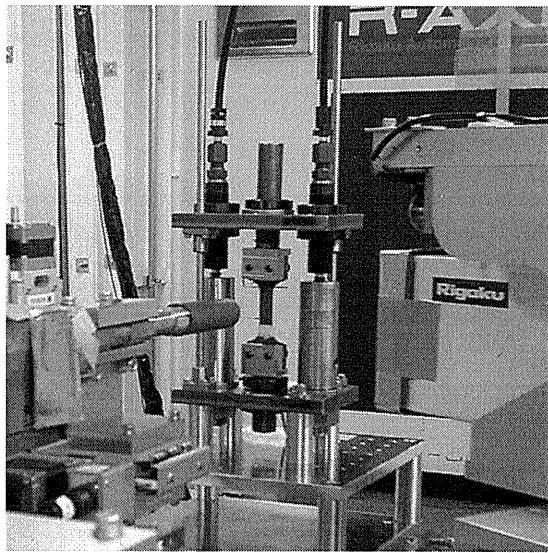


図1 負荷ジグ

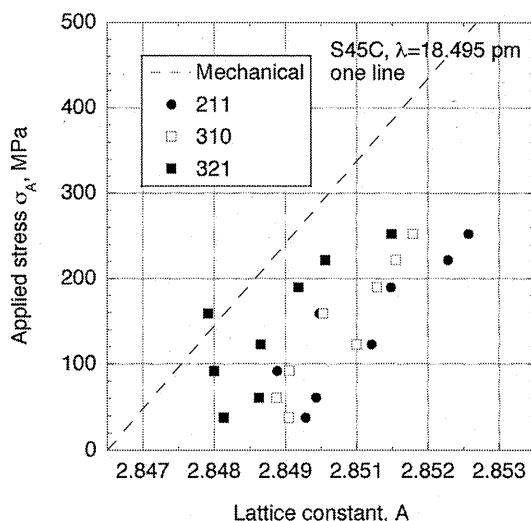


図2 負荷応力による格子定数の変化