

## 配管溶接継手の残留応力測定に関する影響因子の評価

Evaluation of influential factors on residual stress measurement of pipe welded joint

利用者 前川 晃<sup>1)</sup>、高橋 常夫<sup>1)</sup>、辻 峰史<sup>1)</sup>、鈴木 裕士<sup>2)</sup>、盛合 敦<sup>2)</sup>

Akira MAEKAWA Tsuneo TAKAHASHI Takashi TSUJI Hiroshi SUZUKI Atsushi MORIAI

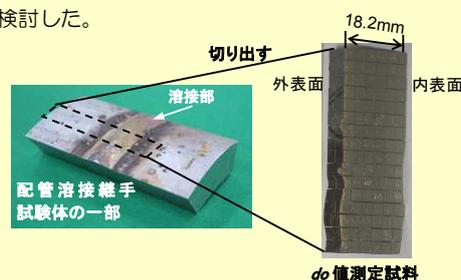
所属 <sup>1)</sup>原子力安全システム研究所 (INSS)、<sup>2)</sup>原子力機構キーワード 配管溶接継手、中性子回折、残留応力、回折面、 $d_0$ 値

## 1. 目的

原子力配管系の高経年化による損傷評価や余寿命評価には内部の残留応力分布を適切に把握する必要がある。中性子回折法は配管溶接継手の内部残留応力を測定する有望な技術であり、実用に供するために測定精度をさらに向上することが必要である。例えば、現在の無ひずみ状態の格子面間隔 $d_0$ の測定手順は確立しておらず、研究ごとに異なっている。産業利用の観点からは、限られた時間で残留応力測定を完了するために、 $d_0$ 値測定を合理的に適切に実施する必要がある。本研究では、オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手の残留測定について合理的で適切な測定方法の確立に資するために、配管溶接継手試験体から切り出した $d_0$ 値測定用試料の回折面311と111について $d_0$ 値を測定・比較し、これらの回折面を用いた残留応力測定に含まれる可能性がある不確実性について検討した。

## 2. 方法

無ひずみ状態の $d_0$ 値測定用試料はSUS316製の配管溶接継手試験体の測定領域から切り出して作製した。試験体からワイヤー放電加工により3mm×3mm×3mmの小片を192ピース切り出し、切り出し位置および切り出し方向を揃え再び原型に組み合わせることで作製した。図1に示す作製した試料の長手方向に6箇所と板厚方向に4箇所を測定した。測定にはRESAを使用した。中性子の波長は0.16nmとし、ゲージボリュームは2×2×2mm<sup>3</sup>とした。測定回折面は、311と111を選択した。

図1 作製した無ひずみ状態 $d_0$ 値測定用の試料

## 3. 実験結果および考察

311面と111面を用いて測定した時に含まれる系統誤差が、無応力状態の格子面間隔 $d_0$ 値の測定結果に与える影響を調べた。Ni標準試料を用いて測定した単色中性子ビームの波長と測定時に確認した回折角の誤差補正值を用いて、溶接継手試験体から切り出した $d_0$ 値測定用試料の回折面311と111の格子定数を求めた結果を図2と図3に示す。311面の場合では、3回の測定すべてがほぼ同じ値であり、再現性の良い測定ができています。これは、回折角が高角度のため、測定時の系統誤差影響が小さいためと考えられる。一方、111面では、3回の測定すべての値に差が生じており、標準偏差に基づくエラーも大きい。これは111面の回折角が低角度側にあるためと考えられる。なお、 $\gamma$ -Feの場合、標準値で311面の回折角は95.27°、111面は45.39°である。この結果は、111面の測定は311面の測定に比べて系統誤差が入り易いことを示している[1]。

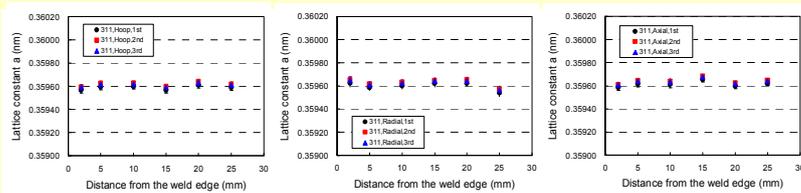


図2 311回折面を用いた格子定数測定値(外表面から深さ4mm位置)

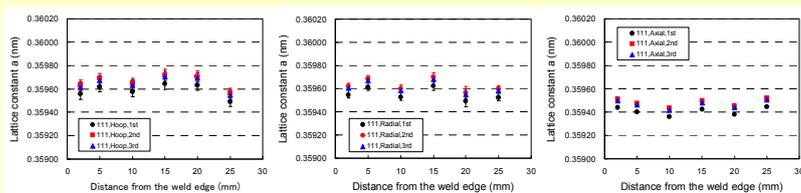


図3 111回折面を用いた格子定数測定値(外表面から深さ4mm位置)

Krönerモデルから求めた回折的弾性定数によれば、111面のヤング率は237.0MPaで、311面の182.5MPaに比べて大きい。これは、残留応力測定時に111面のひずみ測定値を用いると、ひずみ測定時の不確実性が応力測定値へ換算する時にさらに拡大されることを示す。欧州の中性子利用技術に関する組織体NeTが実施した残留応力測定および解析のラウンド・ロビン[2]における結果を踏まえて、Wimporyら[3]は、オーステナイト系ステンレス鋼において、塑性異方性による影響の受け易さやひずみ測定値が小さく、他回折面に比べ十分な測定精度を必要とすることから、111面よりは311面を用いた測定が好ましいと指摘している。これらの結果は、111面を用いた測定を否定するものではないが、311面が測定できる時は311面による測定を優先した方がよいことや111面による応力測定ではひずみ測定により生じた不確実性が拡大され易いことを、残留応力測定時に留意する必要があることを示唆する。

## 4. まとめ

311面と111面を用いて測定した時に含まれる系統誤差が、無応力状態の格子面間隔 $d_0$ 値の測定結果に与える影響を調べた。回折角が低角度側の111面に比べ、高角度側の311面の測定値の方が再現性が良く、測定時の系統誤差が含まれにくいことを明らかにした。回折的弾性定数の比較結果を踏まえて、111面を用いた測定を否定するものではないが、311面が測定できる時は311面による測定を優先した方がよいことや111面による応力測定ではひずみ測定で生じた不確実性が拡大されることを、残留応力測定時に留意する必要があることを示した。

## 5. 参考文献

- [1] Maekawa, A. et al., 2011, Proc. Int. Conf. on Advanced Technology in Experimental Mechanics (ATEM'11), OS04F105.
- [2] Truman, C.E. and Smith, M.C., 2009, Int. J. Pres. and Piping, Vol.86, pp.1-2.
- [3] Wimpory, R.C. et al., 2009, Int. J. Pres. and Piping, Vol.86, pp.48-62.