

予防保全施工材料の残留応力の回折面依存性の調査 Study on Dependency of Lattice Plane on the Residual Stress on the SCC Prevented Material

田中良彦^{*1}, 鈴木賢治^{*2}, 菖蒲敬久^{*3}, 高橋尚子^{*2}

Y.TANAKA^{*1}, K.SUZUKI^{*2}, T.SHOBU^{*3}, N. TAKAHASHI^{*2}

*1 東京電力, *2 新潟大学, *3 日本原子力研究開発機構

*1 TEPCO, *2 NIIGATA UNIV, *3 JAEA

2種類の予防保全施工材(WJP材, LP材)について, 311, 222, 400, 331, 420, 422, 620, 642回折面にて, 残留応力を計測した. その結果, 残留応力値は回折面により変動があるものの, 最も高い値であっても圧縮側に留まることを確認した.

キーワード: 予防保全施工材, 回折面, 回折面依存性, 残留応力

【背景と研究目的】

発電用原子力設備の経年化対策における重要課題の一つである応力腐食割れ(SCC)は, 応力, 環境, 材料の3因子の重畳により発生するとされる. SCCに対する予防保全工法であるウォータージェットピーニング(WJP)¹⁾及びレーザーピーニング(LP)²⁾は, 材料表面(腐食性環境と接している面)の残留応力を圧縮側に移行させて応力因子を排除する技術である.

WJP及びLPは, 高圧水またはレーザー照射によって材料表面近傍に生じさせた衝撃圧力により, 金属材料に塑性変形とそれに伴う残留応力分布の変化をもたらす. 材料の力学的特性が一樣であると想定する巨視的な材料力学の考え方に則れば, 残留応力分布も一樣に圧縮側に進むことになる. 一方, 微視的には, 金属結晶の力学的特性は方位(回折面)により異なることが知られており, このような特性がWJPやLPの(微視的な)残留応力改善効果に及ぼす影響を調査することは興味深い.

以上を踏まえて, SPring-8の高エネルギー放射光をWJPまたは施工材に照射して得られる多数の回折面からのX線を測定することにより, 残留応力の回折面依存性を調査することを目的とする.

【実験】

試験片:

板厚8mmのオーステナイト系ステンレス(SUS316L)を試験片材料とした. 予防保全施工として試験片の片面にWJP材およびLP材を施した.

X線条件 波長72.312keV, 入射スリット $5 \times 0.52\text{mm}$, 入射側にソーラスリットを用意した. X線検出はシンチレーションカウンターを用いた.

残留応力測定:

残留応力の測定は, 侵入深さ一定法を用いた. X線侵入深さは, $30\mu\text{m}$ とし, $\sin^2\psi$ の値は, おおよそ0~0.6の範囲になるように θ , χ の角度を調整した.

回折角 利用した回折角は, 回折プロファイルから測定可能かつ回折面依存性の傾向を広がるように考慮した結果, 311, 222, 400, 331, 420, 422, 620, 642回折の8つを選定した. 応力算出に利用するX線弾性定数は, 単結晶の弾性定数からクレナーモデルを用いて算出した. 測定方位 ϕ は, 0° , 45° 及び 90° の3方向について測定した.

【結果および考察】

前述の実験方法に従い WJP 材及び LP 材の測定を行った。各回折面の回折強度により測定された残留応力の結果を図 1 に示す。

WJP 材, LP 材共に, 回折面毎の残留応力には差が認められる。しかしながら, 最も高い応力値であっても圧縮側に留まり, 回折面間の差については, 昨年度に計測した静的塑性引張試験片の各回折面における残留応力の差(柔らかい回折面と硬い回折面の差が最大 250MPa)よりも小さい。このような各回折面の残留応力の差が小さくなる傾向は, 予防保全工法と静的引張のひずみ速度の違いがもたらした可能性がある。また WJP 材は LP 材と比べて, ϕ 角による差が小さく, より等二軸に近い残留応力分布である。これは両者の施工条件(高圧水流またはレーザーの照射面積・方向等)の違いによる可能性がある。さらに, WJP 材, LP 材共に, ヤング率と残留応力(+が引張, -が圧縮)には負の相関が認められる。一方, 昨年度に計測した静的引張試験片では, 正の相関が認められており, 対照的な結果である。オーステナイト系ステンレスは, 粒間ひずみが原因となる回折面依存性が大きな材料である³⁾。本実験においてもそれを裏付ける結果が得られた。

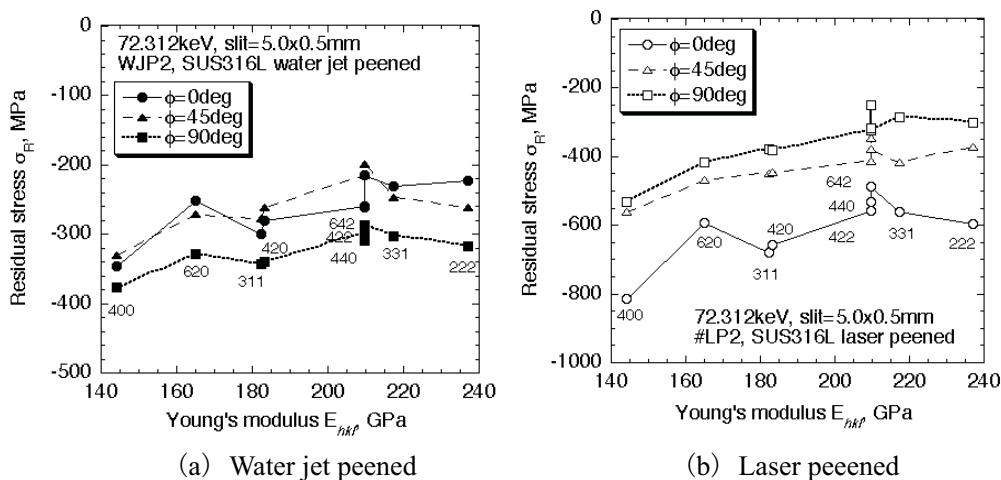


図 1 各回折面による残留応力

【今後の課題】

本実験では, ウォータジェットピーニング(WJP)およびレーザーピーニング(LP)を施した SUS316L の残留応力を各回折面により測定した。全体として, いずれも圧縮の残留応力が測定された。残留応力の回折面による依存性は, ピーニング方法によらず同じ傾向を示した。ヤング率の低い(100)面では大きな圧縮を示し, 硬い方に属する(321), (110)面ではより小さい圧縮となった。

原子力発電設備の予防保全において, 今回の回折面依存性をよく把握した上で安全な施工方法について検討したい。

【謝辞】

高輝度光科学研究センターの産業重点課題により本実験の貴重な機会を頂いた。また, 日立 GE ニュークリア・エネルギー株式会社及び株式会社東芝には, 予防保全工法施工材を提供頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 守中ら, 原子炉内の応力腐食割れを予防する画期的な新技術—ウォータ ジェット ピーニング, 日立評論, 2006 年 1 月号, <http://www.hitachihyoron.com/2006/01/highlight07.html>
- 2) 東芝 電力システム社 インターネットサイト, http://www3.toshiba.co.jp/power/quakes/techno/newtech/me/laser/1_01.htm
- 3) M.R.Daymond, C.N. Tome and A.M. Bourke, Measurement and predicted intergranular strains in textured austenitic steel, Acta Materialia, Vo. 48 (2000), pp. 553-564.

以上