

## レーザーパルス照射痕内の残留応力分布測定

秋田貢一<sup>1</sup>, 宮下大輔<sup>2</sup>, 西澤光男<sup>1</sup>, 竹田和也<sup>1</sup>

(武蔵工大<sup>1</sup>, 武蔵工大院<sup>2</sup>)

レーザーピーニング(Laser peening, 以下 LP と称す)は, 十分なエネルギー密度のレーザーパルスを金属材料表面に照射した際発生する金属プラズマに伴う高圧の衝撃波が, 材料表層を塑性変形させることでレーザー照射部に圧縮残留応力を付与する技術である。LP は, 疲労強度向上, 応力腐食割れ予防, 耐摩耗性向上等の効果を持ち, 航空機産業や原子炉構造物へ適用されている。しかし現段階では LP 施工条件から照射後の残留応力分布を予測することが困難であり, 施工条件決定に多大な時間やコストを要している。この問題を解決するには圧縮残留応力形成メカニズムを明らかにする必要がある, まずレーザーパルスを一発だけ照射した際の残留応力形成過程を詳細に知ることが重要となる。また, レーザーパルスの直径は 1mm ~ 数 mm 程度であり, その照射痕内の残留応力分布を測定するためには, 輝度と平行性が高い放射光が最適である。

本研究ではチタン合金 (Ti-6Al-4V 鍛造材) にレーザーパルスを一発照射し, 照射痕内および近傍の残留応力分布をシンクロトロン放射光 (SR) を用いて測定した。Ti-6Al-4V の表面をアルミ箔でコーティングした後, パルスエネルギー 16J, 照射スポット径  $3 \times 3 \text{mm}^2$ , 時間幅 18nsec の条件でレーザーパルスを照射した。自作の応力測定装置を KEK-PF の BL-6C に設置し,  $\alpha$ -Ti 103 の回折線ピークシフトを測定し,  $2\theta - \sin^2\psi$  法の並傾法により残留応力を求めた。SR ビームはピンホールコリメータにより  $\phi 0.5 \text{mm}$  に絞り Fig. 1 に示す箇所を測定した。SR ビームのエネルギーは, ひずみ感度を考慮して  $2\theta = 154 \text{deg}$  となるように  $4.77 \text{keV}$  ( $\lambda = 0.260 \text{nm}$ ) とした。

Fig. 2 に X 軸方向の残留応力  $\sigma_{r,X}$  および塑性変形の有無の指標となる回折線半価幅  $H_w$  の測定結果を示す。残留応力測定結果より ( ), 照射痕中心から 1mm 離れた位置で最大圧縮残留応力が導入され, 照射痕から遠ざかるにつれ圧縮残留応力は減少していくことが分かった。またレーザー照射痕中心や縁においては圧縮残留応力がわずかに減少することが明らかになった。そして半価幅分布結果より ( ), レーザー照射による圧縮残留応力導入は, レーザー照射痕内が塑性変形することが主要要因であることが確認された。以上の傾向は別途行った有限要素法解析においても確認され, 解析手法の妥当性を示すことができた。この結果を元に, 今後はレーザー照射条件から残留応力分布を定量的に予測できる数値解析技術を確立していく予定である。

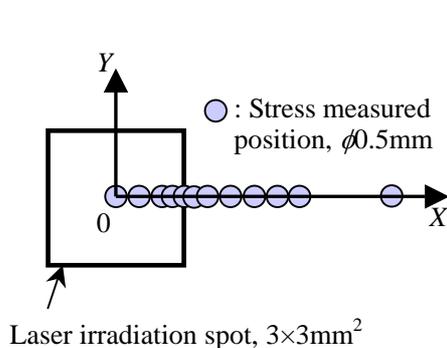


Fig. 1 Residual stress measurement position.

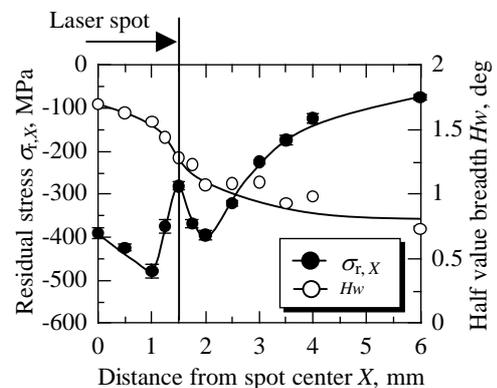


Fig. 2 Surface residual stress and half value breadth distributions on laser spot irradiation.