

# レーザーパルス照射痕近傍のひずみマッピング

## Strain Mapping Near Laser Pulse Irradiated Area

秋田貢一<sup>1)</sup>, 菑蒲敬久<sup>2)</sup>, 堺 崇弘<sup>3)</sup>, 折原秀人<sup>3)</sup>

Koichi Akita, Takahisa Shobu, Takahiro Sakai, Hideto Orihara

<sup>1)</sup> 武蔵工大, <sup>2)</sup> 原子力機構, <sup>3)</sup> 武蔵工大(院)

チタン合金 Ti-6Al-4V の表面に直径 0.8mm のレーザーパルスを一発だけ照射したシングルパルス照射痕内部の三次元残留応力分布を、高エネルギー放射光によるひずみスキャンニング法によって測定し、動的有限要素法による残留応力解析結果と比較し、残留応力発生メカニズムを検討した。

**キーワード:** レーザーパルス、高エネルギー放射光、ひずみスキャンニング、残留応力

### 1. 目的

レーザーパルスを材料表面に照射して残留応力を導入すると、材料の強度や電磁気性能などの特性向上が期待できる。レーザーパルス照射による特性メカニズムの解明のためには、レーザー照射によって導入される残留応力の発生メカニズムを明らかにすることが重要である。そこで、レーザーパルスを一発だけ照射した場合の照射痕下の二次元的残留応力分布を高エネルギー放射光によるひずみスキャンニング法[1]を用いて測定した。

### 2. 方法

供試材にはチタン合金 (Ti-6Al-4V) を用いた。この材料の表面にパルスエネルギー 200 mJ, 照射スポット径 0.8 mm のレーザーパルスを水中にて一発照射した。高エネルギー放射光による残留応力測定は、SPring-8 の日本原子力研究開発機構専用ビームライン BL22XU の水平タイプゴニオメータを用いて行った。スリット寸法は  $0.05 \times 0.05 \text{ mm}^2$  とし、レーザー照射痕下の  $1.0 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm}$  (=照射痕中心からの距離  $\times$  深さ) の範囲の約 57 箇所において残留応力算出に必要な三方向のひずみ(照射痕の Radial, Hoop および Axial 方向) を測定した。

### 3. 研究成果

直径約 0.8mm のレーザーパルス照射痕の表面下残留応力の二次元分布を、0.5mm の空間分解能で非破壊的に測定することに成功した。この結果を別途行った動的有限要素法による残留応力解析結果[2,3]と比較し、残留応力発生メカニズムを検討した。また、レーザーパルス照射痕表層(表面から負荷さ約 0.3mm までの領域)において回折線がダブルピークとなり、すなわちレーザー照射により Ti-6Al-4V に相変態 ( $\alpha \rightarrow \alpha'$ ) が生じていることが初めて明らかとなった。

### 4. 結論・考察

$\alpha$  相における残留応力を求めた結果、照射痕表面近傍では試験片面内方向に引張残留応力が発生しており、また、その直下では圧縮残留応力が発生していた。動的有限要素法との比較などにより、引張残留応力の原因は Radial wave focusing[4]とレーザー照射時の熱影響、また、圧縮残留応力は、レーザー照射時に発生するプラズマ衝撃波による材料の塑性変形であることが示された。

### 5. 引用(参照)文献等

- [1] 菑蒲敬久, 水木純一郎, 鈴木賢治, 秋庭義明, 田中啓介, 材料, Vol. 55 No. 1, pp. 101-108, (2007).
- [2] K. Akita, M. Kuroda, A. D. Evans and P.J. Withers, "Dynamic Finite Element Analysis and Synchrotron X-ray Measurement of Residual Stress Induced by Laser Peening", Proceedings of the 7th European Conference on Residual Stress, pp.135-140, Berlin (2006).
- [3] K. Akita, M. Kuroda, A. D. Evans and P.J. Withers, Proceedings of the 41th Symposium on X-ray Studies on Mechanical Behaviour of Materials, Japan, Vol.41, pp.25-30 (2006).
- [4] P. Peyre, et al., The 5th Int. Conf. on Shot Peening (ICSP5), Oxford, United Kingdom (1993) 301-310.