

ドライプラズマ閉じ込め層下におけるレーザーピーニング効果

Laser peening effect on dry plasma confinement layers

近大理工¹, 大産大工² °津山 美穂¹, 杉本 優樹¹, 部谷 学², 中野 人志¹

Faculty of Science and Engineering, Kindai Univ.¹, Faculty of Engineering, Osaka-sangyo Univ.²,

°Miho Tsuyama¹, Yuki Sugimoto¹, Manabu Heya², Hitoshi Nakano¹

E-mail: mtsuyam@ele.kindai.ac.jp

レーザーピーニングは、レーザー誘起衝撃波によって金属表面を冷間加工することにより、圧縮残留応力層や硬化層を発生させる表面処理技術である。金属疲労や応力腐食割れに対する防止策として航空機部品や原子力発電所などの高い信頼性が要求される部分に適用されている。その原理を以下に示す。水中の金属材料に対しパルスレーザーを集光照射すると、材料表面にアブレーションプラズマが発生する。金属材料の周囲に存在する水等プラズマ閉じ込め層の慣性により、レーザー誘起プラズマの膨張を抑制し、発生したプラズマの圧力を高める。このプラズマ圧力により発生した衝撃波のエネルギーが材料の降伏限界を超えると塑性変形が生じ、加工硬化とともに弾性拘束による材料表面層への圧縮残留応力層が形成される¹⁾。レーザーピーニングによる塑性変形量は、次式に示すように、レーザー誘起衝撃波の継続時間とレーザー誘起プラズマ圧力の積に比例する^{1,2)}。

$$L_p \propto \tau_p \cdot P \quad (1)$$

ここで、 L_p は塑性変形量、 τ_p は衝撃波の継続時間、 P はレーザー誘起プラズマ圧力である。(1)式より、レーザーピーニング効果は試料表面での力積の大きさによって決定されることになる。 τ_p と P の大きさは図1に示すように、レーザーの照射状態、材料の状態、プラズマ閉じ込め層の状態の3つの要素によって決定される。本研究では、3つの要素の中から、プラズマ閉じ込め層に着目した。

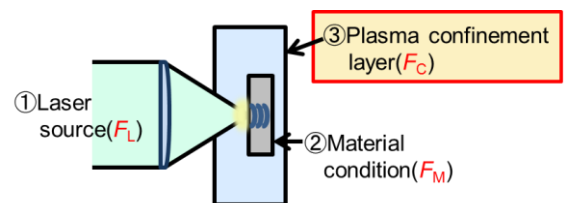


Fig. 1 The three factors associated with laser peening.

一般にレーザーピーニングにおけるプラズマ閉じ込め層の媒質としては、レーザー光の透過率が高く安価に手に入ることから水が使用されている。しかしながら、水中でのレーザーピーニングはレーザーエネルギーのブレイクダウンや金属の錆びを誘発するため、我々は気体・固体媒質によるレーザーピーニングのドライ処理について実験研究を進めている。プラズマ閉じ込め層として用いる媒質は、レーザーの波長に対して透過率が高い、科学的に安定である（金属試料と化学反応を起こさない）、引火性や爆発性がなくレーザー光を照射しても安全であるといった条件を満たす必要がある。本研究では、気体・固体中でのレーザーピーニング効果について報告する。

<参考文献>

- 1) 佐野雄二, 依田正樹, 向井成彦, 小畑稔, レーザー研究, **26** (1998) 793.
- 2) R. Fabbro, J. Fournier, P. Ballard, D. Devaux, J. Virmont: Physical study of laser-produced plasma in confined geometry, J. Appl. Phys., **68** (1990) 775.