

課題番号 : 2017B-E11
利用課題名 (日本語) : フェムト秒レーザーピーニングによって鉄中に形成された塑性ひずみ状態の 3 次元解析
Program Title (English) : Plastic strain analysis in iron peened using femtosecond laser pulses
利用者名 (日本語) : 佐野智一¹⁾, 川嶋光将¹⁾, 菖蒲敬久²⁾, 城鮎美³⁾
Username (English) : Tomokazu Sano¹⁾, Terumasa Kawashima¹⁾, Takahisa Shobu²⁾, Ayumi Shiro³⁾
所属名 (日本語) : 1) 大阪大学大学院工学研究科, 2) JAEA, 3) QST
Affiliation (English) : 1) Graduate School of Engineering, Osaka University, 2) JAEA, 3) QST

キーワード :

1. 概要 (Summary)

研究代表者らが開発した“フェムト秒レーザーピーニング法”の機構を調べるために、フェムト秒レーザーピーニングを施した単結晶アルミニウム中の弾性ひずみおよび塑性ひずみの深さ分布状態を測定した。その結果、下記のようなフェムト秒レーザーピーニング機構を提案することが出来た。1shot で導入される塑性影響と熱影響の量が、shot 数が増えるにつれて、変化する。すなわち、臨界転位密度に達したら、それ以上塑性変形は起こらず、熱影響のみ付与される。従って、臨界転位密度に達したところでショットをやめると、最も効率良くピーニング効果を付与出来る。それ以上ショットすると、塑性影響は付与されず、熱影響のみ付与されるので、転位量が減少し、塑性の影響よりもむしろ熱影響が大きくなる。

2. 実験(目的,方法) (Experimental)

使用装置 : SPring-8 BL22XU 実験ハッチ 3 応力カーイメージング測定装置

アルミニウム単結晶(001)面に、フェムト秒レーザーピーニングを施した。施工条件は、パルスエネルギーを 0.6mJ とし、カバレッジを 700%と 2800%の 2 種類とした。X 線の波長を 30keV とし、(006)面のブラッグ反射を 0 次元検出器で受光し、2theta の peak angle と半値幅、theta と chi の peak angle との差の深さ分布測定を行った。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

2theta の半値幅について、カバレッジ 700%と 2800%のいずれも未照射試料より大きく、塑性変形していることが示された。また、カバレッジ 700%の方が 2800%よりも値は大きく、深さ 152um で同程度となった。2theta の peak angle に関して、カバレッジ 700%試

料の peak angle は未照射試料より低角にあり、このことは(001)面の面間隔が広がったことを意味し、すなわち平面内の面間隔は小さくなったので、平面内に圧縮応力があることが分かった。一方、カバレッジ 2800%では平面内に引張応力が生じていた。このことは、カバレッジ 700%は適正条件であるが、2800%は過大入熱条件であることを意味する。また、theta の peak angle に関して、カバレッジ 700%は未照射試料と同程度であったが、2800%は未照射試料より小さかった。Chi の peak angle に関して、カバレッジ 700%よりも 2800%の方が大きかった。このことは、カバレッジ 2800%の方が塑性変形量大きいことを意味する。一方、2theta の半値幅は 700%の方が大きかった。このことは、すべり方に異方性があることを示唆する。以上の結果より、フェムト秒レーザーピーニング機構は以下のように考察できる。1shot で導入される塑性影響と熱影響の量が、shot 数が増えるにつれて、変化する。すなわち、臨界転位密度に達したら、それ以上塑性変形は起こらず、熱影響のみ付与される。従って、臨界転位密度に達したところでショットをやめると、最も効率良く peening 効果を付与出来る。それ以上ショットすると、塑性影響は付与されず、熱影響のみ付与されるので、転位量が減少し、塑性の影響よりもむしろ熱影響が大きくなる。

4. その他・特記事項 (Others)

本研究の一部は JSPS 科研費 JP16H04247, JP16K14417 の助成を受けた。ここに謝意を表す。