

# (644) 3%珪素鉄結晶のレーザー照射誘起塑性変形の解析

新日本製鐵(株) 分析研究センター ○岡本正幸 松尾宗次  
 広畑技術研究部 中村元治 電磁鋼研究センター 小林尚

## I. 緒言

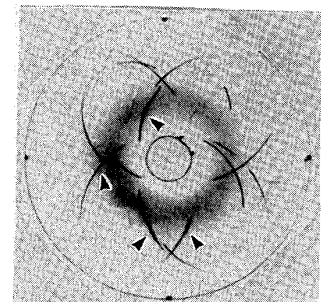
強力パルス・レーザーの照射により被照射体内には衝撃応力波が発生し、塑性変形が誘起される。このようなレーザー照射誘起塑性変形に関して、種々の金属・半導体材料において、表面起伏あるいはすべり線模様の観察結果が報告されている。3%珪素鉄については、Clauerら<sup>(1)</sup>の光学顕微鏡によるエッチ・ピットの観察で、すべり変形と双晶変形が認められている。本報ではレーザー照射により誘起された結晶格子歪の定量化と内部変形組織の直接観察を目的として、主としてX線回折法により、二次再結晶組織の3%珪素鉄板のレーザー照射誘起塑性変形状態および焼なましによるその回復挙動を解析した。

## II. 実験方法

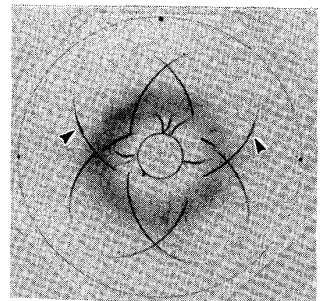
- (1) 処理条件： 実験室においてレーザー照射および熱処理を実施し、変形組織の観察に供した。
  - (a) レーザー照射. グラス被膜付あるいは除去した(110)[001]方位3%珪素鉄単結晶板(0.23 mm厚)の表面に、YAGレーザービームを照射した。入射エネルギーは $0.14\text{ J/mm}^2$ 、照射域サイズは $0.15\text{ mm}$   $\phi$ を標準とした。
  - (b) 熱処理. レーザー照射試料をそのままあるいは照射面を軽度化学研磨により表面層を除去した後に、最高 $800^\circ\text{C}$ まで加熱して塑性変形状態の変化を追跡した。
- (2) 光学顕微鏡観察： レーザー照射試料およびそれを窒化処理によりエッチ・ピットの現出を容易にした試料について照射痕を含む断面組織を観察した。
- (3) X線回折： 擬コッセル法(発散X線法)およびX線トポグラフィ(回折顕微法)を用いた。
  - (a) 擬コッセル法. この方法はX線回折による最も敏感な格子歪の検出手段であり、弾性歪は擬コッセル線像の変位、塑性歪は幅拡がりとして観測される。円錐曲線として観測される擬コッセル線像の各点は幾何学的関係により試料上位置と一対一の対応がとれる。本実験では、焦点径約 $5\mu$ の微小焦点源より発散するX線線束を試料に入射する反射法を用いた。
  - (b) X線トポグラフィ. 強力X線源を用いて白色X線(ラウエ斑点)トポグラフおよび単色X線(断面投影)トポグラフを透過法により撮影して、内部組織を観察した。
- (4) 解析： レーザー照射誘起塑性変形と回復挙動の特徴は、同一素材において引張または圧延により所定の塑性歪を付与した場合の変形状態との比較により解析した。

## III. 実験結果

- (1) 塑性変形状態： 塑性変形領域は照射痕の大きさの数倍以内に局限され、[001]方向よりも[110]方向に拡がっている。この変形領域は照射裏面にまで浸透している。擬コッセル線像の幅拡がり量から評価される塑性歪は引張変形の約10%に相当する。レーザー照射誘起塑性変形では擬コッセル線像の幅拡がり量の回折面依存度は小さくて、多数のすべり系が塑性変形に関与したことに対応する。引張または圧延変形では線像の幅拡がり回折面により異なり、局所的不均一性も大きい。
- (2) 熱処理に伴う変化：  $800^\circ\text{C}$ 加熱(最長5時間)においても、レーザー照射誘起塑性変形では擬コッセル線像の幅拡がり顕著であり、引張変形の約数%塑性歪に相当する量が検出される(Fig. 1)。さらに塑性変形領域からの回折線像の黒化は一様であり、引張または圧延変形で進行するポリゴニゼーションは著しく遅滞していることを示唆する。これは上記のように、レーザー照射誘起塑性変形では衝撃応力波による多数のすべり系が関与した塑性変形であるため、発生した転位が多種類で、対消滅あるいは再配列の進み難いことにもとづくものと考えられる。また照射面表面層を除去後に熱処理しても同様であった。



(a)



(b)

Fig.1 Pseudo-Kossel pattern (a) after laser irradiation and (b) after heating at  $800^\circ\text{C}$  for 2 hrs. Arrows indicate diffraction spots from irradiated areas.

文献：(1) A.H.Clauer et al., Met. Trans., 8A(1977), p.119.