

短パルスレーザーを用いた鉄材の表面加工

— ピコ秒レーザーによる微細周期構造の形成 —

光科 宮原鐘一* 山下清光 岩崎清斗

Surface Treatment of Iron Using Short Pulsed Laser

— Micro Periodic Structure with Picosecond Laser —

Shoichi Miyahara, Kiyomitsu Yamashita and Kiyoto Iwasaki

1. はじめに

フェムト秒レーザーに代表される短パルスレーザーは、極めて短い時間に高出力のレーザー光を照射することができる。フェムト秒レーザーはフェムト秒 ($1/10^{15}$ 秒) のオーダーまで短パルス化したレーザー光源であり、パルス幅がフォノンのカップリング時間よりも短いため、熱伝導が起こる前に加工が進行する。熱拡散の影響を受け難い加工であるため、高精度で高品質な微細加工を実現する非熱的プロセスとして注目されている。照射条件や材料を適切に選択することにより、ナノオーダーの超微細構造を形成できることが多数報告されている^{1),2)}。

また、ピコ秒レーザーはピコ秒 ($1/10^{12}$ 秒) のオーダーで短パルス化したレーザー光源であり、フェムト秒レーザーに類似する効果が期待されている。安価で扱い易い短パルスレーザーとして注目されているが、比較的新しい技術であるため加工方法等に関する知見は不足している。

一方、(独)科学技術振興機構の平成21年度地域産学官共同研究拠点整備事業として「はままつ次世代光・健康医療産業創出拠点」が採択され、浜松地域において産学官で「健康・医療関連産業」の創出・確立を目指している。熱影響の少ないレーザー加工技術を開発するという目的にて、浜松工業技術支援センターに「ピコ秒レーザー加工システム」が整備され、平成23年度より設備使用を開始した。

本報告では、当センターに整備された「ピコ秒レーザー加工システム」の性能確認の一環として、実際に鉄基板上に微細周期構造を形成した結果を紹介する。

2. 実験方法

2.1 ピコ秒レーザー加工システム

加工実験に使用したピコ秒レーザー加工システムを、図1に示す。レーザー光源はTime-Bandwidth Products社製のDUETTINOであり、発振波長(λ)が1064nm、平均出力が5W以下、繰返し周波数が単発～8MHz、パルス幅が12ps以下、パルスエネルギーが200 μ J以下、ピーク出力が16MW、ビーム品質(M^2)が1.3以下である。焦点距離(f_0)が28.8mmの集光レンズを用いて、レーザー光は試料表面に対して斜めに入射した。

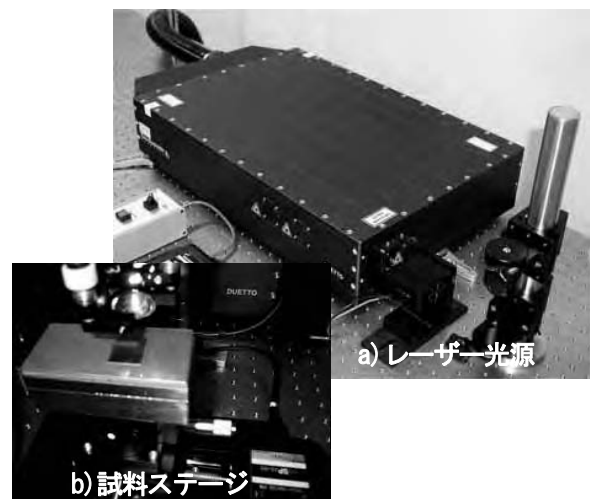


図1 ピコ秒レーザー加工システム

2.2 ピコ秒レーザー加工実験

試料基板には鉄ハルセル板を用いた。保護層である亜鉛めっきを20%塩酸溶液で剥離し、水洗・エタノール洗後に乾燥したものをレーザーで加工した。

ピコ秒レーザーの繰返し周波数を1.26kHzに設定し(平均出力:約140mW)、1/2波長板と偏光ビー

*) 現 材料科

【ノート】

ムスプリッタを用いて照射パワーを制御した。電動XYステージ上に設置した試料表面に集光し、ステージを走査して大気中で照射した。加工後の鉄表面は、走査型電子顕微鏡（JEOL/JSM6300）で観察した。

可能である。鉄材部品の表面加工等にも、十分に応用できると考えられる。

4. まとめ

ピコ秒レーザー加工システムを用いて、照射パワーを10mW程度に制御することにより、鉄基板上に微細周期構造を形成できることを確認した。ここで、鉄表面の加工痕の幅は約 $40\mu\text{m}$ 、微細周期構造の幅は約 $20\mu\text{m}$ であった。集光レンズの特性から算出されるレーザー光スポット径は $25\mu\text{m}$ であるため、さらに最適化できる可能性がある。一般に、短パルスレーザーを用いて形成される微細周期構造の溝間隔はレーザー波長程度あるいは波長の $1/2\sim 1/3$ 程度になると言われているのに対し、実測値 820nm はレーザー波長の約 $3/4$ である。試料表面での光干渉の状況が、斜め入射の影響で変化した可能性があると考えている³⁾。高精度の加工を実現するためには、加工条件等についてさらに詳しく検討して行く必要がある。

ピコ秒レーザー加工システムを用いた微細周期構造の形成は、鉄以外にも、ステンレスや銅等の金属に展開できる可能性があることも確認している。材料表面の表面性状を制御することにより、摩擦特性・潤滑特性・耐摩耗性・濡れ性・接着特性・流動抵抗等を改善できる可能性がある。回折・反射・吸収特性等を制御して、光学的な機能等を付与できる可能性がある。今後は対応できる材料種の拡張を図る予定であり、微細周期構造を利用した表面処理技術を開発することで、新機能を付与した付加価値の高い金属部品の実現を目指す。

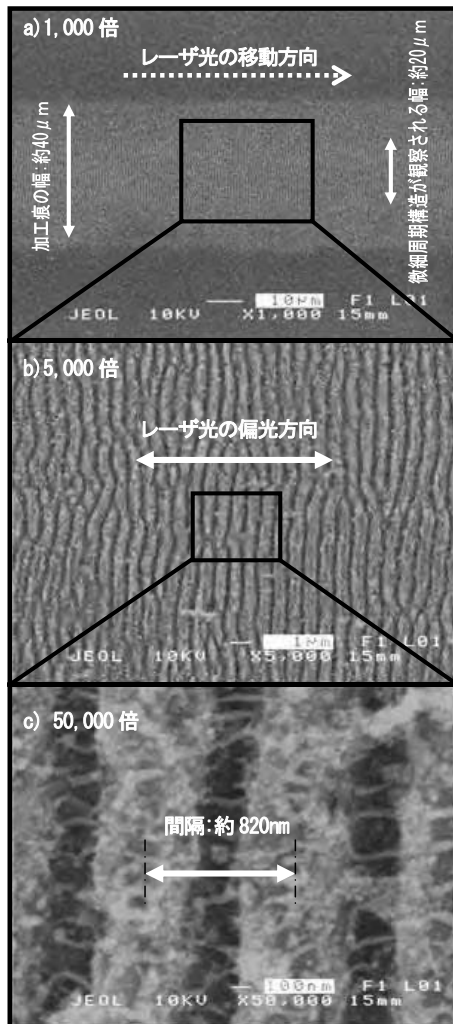


図2 1回走査で加工した鉄表面の観察結果

3. 結果

水平方向に1回走査して加工した鉄基板表面の観察結果を、図2に示す。照射パワー約10mW、走査速度 2mm/s にて加工した。図2aより、加工痕の幅は約 $40\mu\text{m}$ であり、その中心部の幅約 $20\mu\text{m}$ の範囲に微細周期構造が観察された。図2bおよびcより、レーザー光の偏光方向に対して垂直方向の溝構造が形成されており、約 820nm 間隔で周期的に並んでいることを確認した。

また、レーザー光を適量の移動方向に対する垂直方向に適量オーバーラップさせながら走査することで、加工範囲を拡張することができる。微細周期構造を、2次元・3次元的な面加工へ展開することも

参考文献

- 1) 松田 稔他：フェムト秒レーザーによる微細周期構造の作成，静岡県浜松工業技術センター研究報告，第14号，57-58（2004）。
- 2) 平尾一之他編：フェムト秒テクノロジー【基礎と応用】，329-336，(株)化学同人（2006）。
- 3) 沢田博司他：フェムト秒レーザーによる微細周期構造の形成，精密工学会誌，第69巻4号，554-558（2003）。