

研究ノート

ナノ秒レーザーを用いた表面微細構造の形成

河田圭一*¹、山田圭二*¹、石川和昌*¹

Processing of Fine Structure on Metal Surface with Nanosecond Laser

Keiichi KAWATA*¹, Keiji YAMADA*¹ and Kazumasa ISHIKAWA*¹Research and Development Division, AITEC*¹

ナノ周期の微細凹凸構造をしゅう動表面に形成することにより、しゅう動部の低摩擦化を実現できることが報告されており、様々な機械部品への応用が検討されている。本研究は、機能性の高い切削工具や軸受けなどの開発を最終目的として、波長 349nm のナノ秒レーザーを超硬合金に照射し、マイクロオーダーの微細構造を形成するための加工条件の選定を行った。その結果を用いて、表面に溝幅 3.5 μm 、深さ 2 μm 、ピッチ 12 μm の微細構造を有する切削工具を製作した。

1. はじめに

素材表面に周期性のある微細な凹凸を配列することにより、はっ水性や反応性などを高めた機能性の高い表面を創製できることが知られている¹⁾。また最近では、表面にナノ周期の微細構造をフェムト秒レーザーにより形成することで、しゅう動摩擦を小さくできることが報告されている²⁾。これらの表面を、機能性や耐久性の向上が求められる軸受けや切削工具へ応用することが試みられている。

本研究では、ナノ秒レーザーにより形成した周期的微細構造を有するしゅう動表面の摩擦・摩耗などのトライボロジー特性を明らかにすることで、機能性の高い切削工具や軸受けなどの開発を最終目的としている。本年度は、

ナノ秒レーザーを用いて切削工具表面にマイクロオーダーの微細構造の形成を試みた結果を報告する。

2. 実験方法

本研究で使用したレーザー微細加工装置の構成を図 1 に示す。レーザー発振器から発振されるレーザーは、ビームエキスパンダによりビーム径を 10 倍 ($\phi 1.5\text{mm}$) まで拡大し、アッテネータによりレーザーの出力を調整した。ビームステアラーに配置したミラーにより上方へ反射させて照射ユニット内に入射することで、試料の上方から加工が行えるようにした。100 倍の対物レンズを用いてレーザーを集光しているため、ジャストフォーカス時のスポット径はおよそ 0.6 μm である。試料は自動 XY ステア

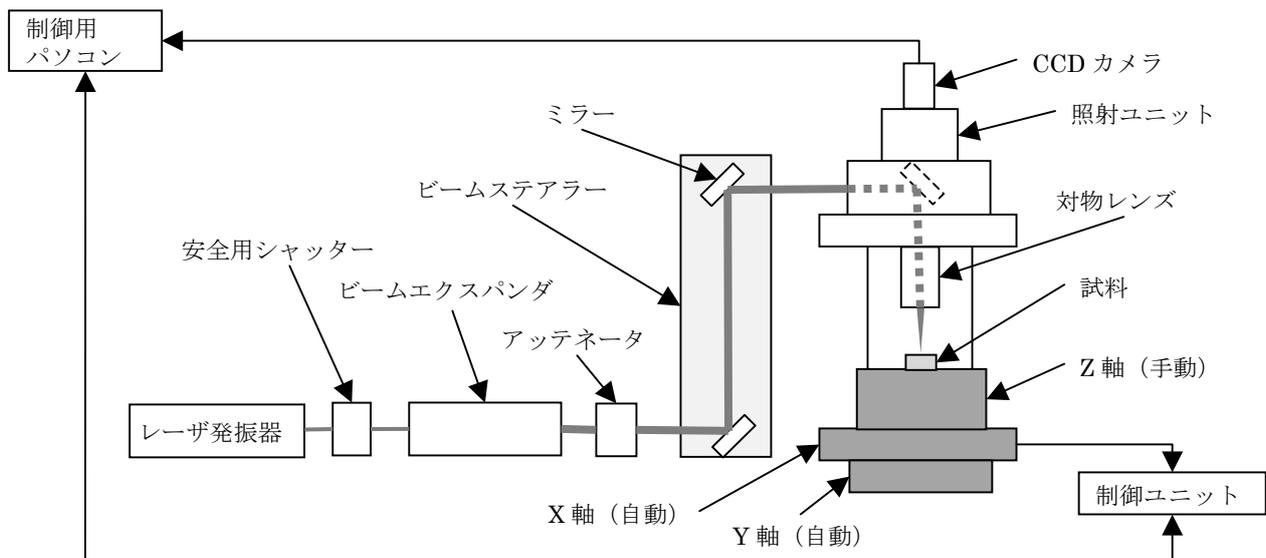


図 1 レーザー微細加工装置の構成

*1 基盤技術部

ジ上にあるため、コンピュータ制御により任意の形状を加工することが可能である。また、加工点は CCD カメラにより観察することが可能である。使用したレーザーの波長は 349nm、パルス幅は 5ns、1パルスのエネルギーは最大で 120 μ J@1kHz である。レーザー発振器の最大繰り返し数は 5kHz であるが、本研究では 1kHz に固定して実験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 加工量の評価

加工量に対するパルスエネルギーや照射回数の影響を調べるため、同じ場所にレーザーの照射回数 (1、10、100 ショット) を変えたときの加工部の高さ及び熱的影響部の直径をレーザー顕微鏡により測定した。試料は超硬合金とした。パルスエネルギーと加工部の高さの関係を **図 2** に示す。1 ショットおよび 10 ショットでは、加工部の高さにパルスエネルギーの強さはほとんど影響を与えなかった。しかし、照射回数が増えると加工される穴の深さは大きくなり、1 ショットでは約 0.3 μ m であるのに対し、10 ショットでは約 2 μ m の穴深さになった。一方、100 ショットすると、エネルギーが 0.1 μ J の条件では 3 μ m 程度の穴が加工されたが、0.9 μ J 以上では穴は形成されず約 4 μ m 盛り上がった。高いエネルギーを同じ場所に

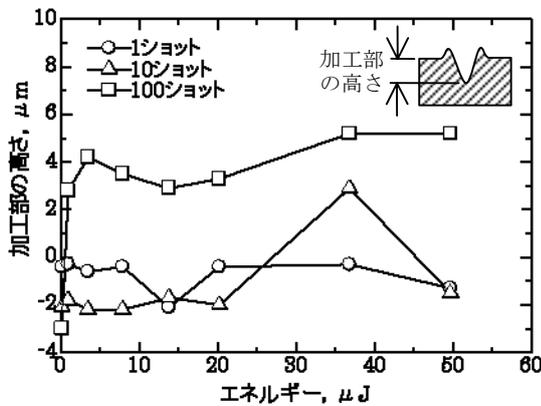


図 2 エネルギーと加工部の高さの関係

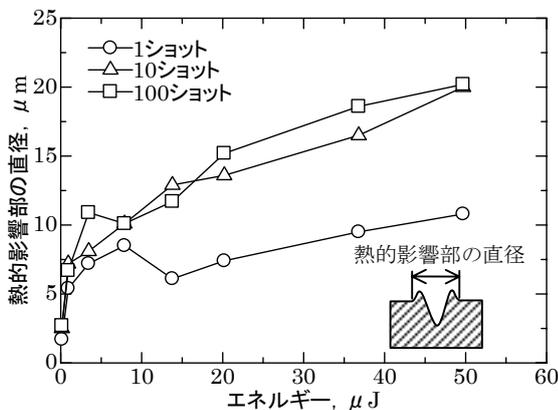


図 3 エネルギーと熱的影響部の直径関係

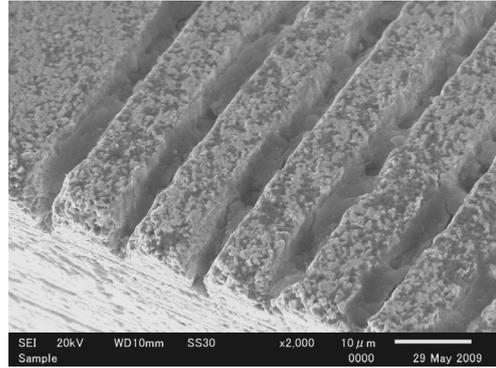


図 4 超硬切削チップ表面の観察結果 (SEM)

何度も投入すると、熔融部が増加するとともに、酸化が進み体積が増加することが原因と考えられる。

次に、パルスエネルギーと熱的影響部の直径の関係を **図 3** に示す。図から明らかなように、熱的影響部の大きさは照射回数にあまり関係なく、パルスエネルギーの増加に伴い大きくなった。パルスエネルギーが 10 μ J 以下では、照射回数によって熱的影響部の直径の大きさの変化にあまり差は見られなかったが、パルスエネルギーが大きくなると熱的影響部の直径の増加傾向は 1 ショットに比べ 10 ショット以上の方が大きくなった。しかし、10 ショットと 100 ショットを比べるとその差がないことから、10 ショット以上では照射回数が増えても熱的影響部の大きさは変わらないと思われる。

3.2 周期微細溝加工

パルスエネルギー 0.9 μ J、送り 0.2mm/sec (重なり率 66%) の条件で、超硬切削チップへ周期的な溝加工を行った。溝のピッチは 12 μ m とした。電子顕微鏡による切削チップ表面の観察結果を **図 4** に示す。レーザー加工後の溝のエッジ部には 1 μ m 程度の盛り上がりが生じたので、ダイヤモンドペーストで磨き盛り上がりを取り除いている。溝の底部を観察するとレーザーにより熔融した素材の塊が存在し、加工前の粗さに比べるとあまり良くないと思われる。レーザー顕微鏡により形状を計測したところ、溝の幅は約 3.5 μ m、深さは約 2 μ m であった。

4. 結び

ナノ秒パルスレーザーを用いて超硬切削チップに微細な周期溝構造を加工できることを確認した。今後は、製作した切削チップを用いて切削実験を行い、周期的微細構造が潤滑や摩耗に与える効果について検討する。

文献

- 1) 辻井薫：日本機械学会誌，109(1047)，120 (2006)
- 2) 沢田，二宮，川原：トライボロジスト，53(11)，762 (2008)