

窒化ケイ素球への微細レーザテクスチャリング

京都工芸繊維大学 ○角谷駿介, 永富友貴, ◎太田稔, 江頭快, 山口桂司

要旨

表面機能の発現を目的とした加工法としてマイクロボールフォーミング法(MBF法)を考案した。本研究では球体の全周面への微細レーザ加工を用いたテクスチャリング方法を提案し, MBF法でフォーミング工具として用いる窒化ケイ素球の全周面に微細突起を加工したので報告する。

1. 緒言

材料の表面に微細構造を付与することで様々な表面機能が発現することが知られている。前田¹⁾らは自由曲面に微細加工を行う方法としてマイクロボールフォーミング(MBF)法を考案した。MBF法とは外周面に微細周期構造を付与したボール工具を工作物の表面形状に沿って押し付けながら, つれ回りをさせることで工作物表面に微細構造を転写する加工法である。永富²⁾らはMBF法に使用するボール工具の製作を目的に, 窒化ケイ素球の球面に対して微細レーザ加工を用いて微細突起を形成したが, 球の一部にしか加工できていない。本研究では球体の全周面に微細突起を形成することを目的として, 微細レーザ加工によって球体の全周面に微細突起を形成するための手法を提案した。その手法を用いて実際に窒化ケイ素球にテクスチャリングを行い, 加工精度を評価した。また加工条件を変えてテクスチャリングを行い, 本手法で加工できる最小の微細突起の大きさを明らかにした。

2. 球体の全周面へのテクスチャリング法

本研究では球体表面に微細テクスチャリングを行うために, 佃³⁾らが開発したファイバー導光ナノ秒グリーンパルスレーザ加工装置を使用した。この装置を3軸マシニングセンタ(NVX5080, 森精機(株)製)の主軸に取り付け, ホットメルト系接着剤(シフトワックス, 日化精工(株)製)によって治具を介して工作物を固定した回転ステージ(ARS-6036GM, 中央精機(株)製)を, Z軸と垂直にマシニングセンタのX-Yテーブルに取り付ける。実験の様子をFig. 1に示す。

Fig. 2に加工プロセスをFig. 3にレーザ光の軌跡を示す。工作物である球体の表面を6区画に区切り, 各区画に対して同じパターンの溝を加工することを繰り返す。Fig. 1の状態の工作物に対して直角にレーザを照射しながらX軸, Y軸を移動させ, レーザ加工装置のヘッドがFig. 3に示すような軌跡を描くことでピッチ100 μm の溝を格子状に加工する。この時, Z軸はレーザ光の焦点距離が常に工作物の外周面に対して一定となるように動かした。1つの区画を加工し終わったら回転ステージを90°回転させ, 次の区画を同様に溝加工する。4区画を加工したら回転ステージをZ軸と平行に固定し直して5区画目も同様に溝を加工する。その後, 工作物を固定している6区画目を加工するため治具を回転ステージから取り外し, 汎用旋盤の主軸と芯押し台を用いて工作物を掴み直す。工作物を掴み直したら再び回転ステージに治具を取り付け, 6区画目を加工する。この時, 問題となるのは工作物を付け替えた後に6区画目を加工すると溝の位置がずれてしまうことである。今回の実験ではレーザ加工装置に内蔵されているCCDカメラ(DCC1545M, THORABS社製)を用いてカメラの映像をモニターで見ながら, 回転ステージを0.01°

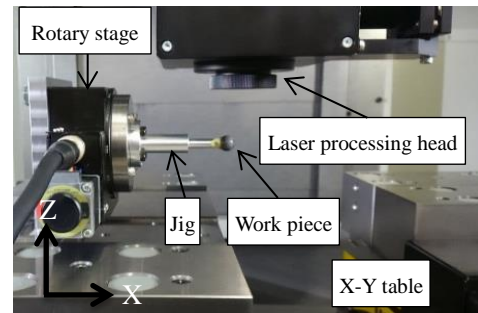


Fig. 1 Experimental set-up

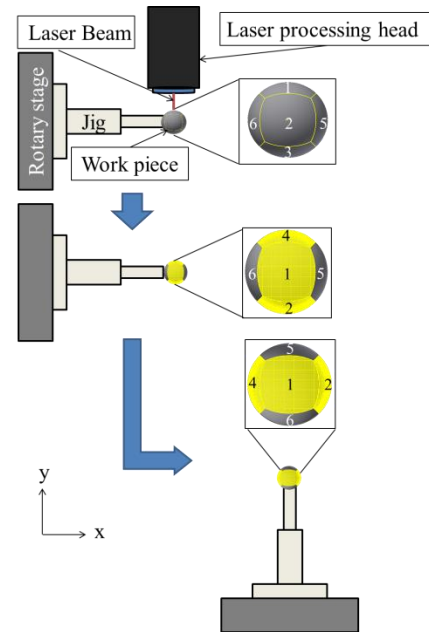


Fig. 2 Machining process

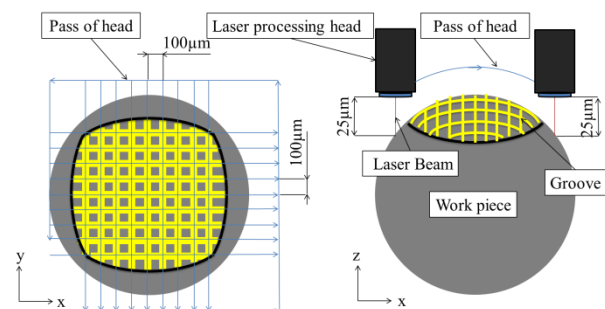


Fig. 3 Path of laser beam

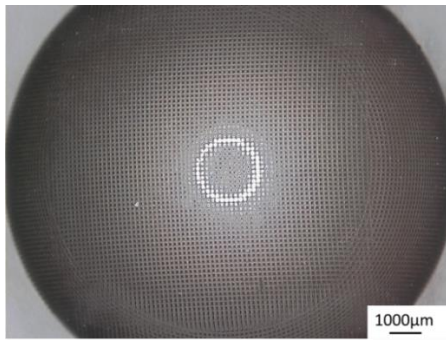


Fig. 4 Digital microscopic image

Table 1 Experimental conditions

Pulse frequency [kHz]	1
Laser power [W]	0.140
Wave length [nm]	532
Spot diameter [μm]	50
Focus length [mm]	25
Pick feed [μm]	100, 90, 80, 70, 60
Feed rate [mm/sec]	6

ずつ回転させ溝の位置を合わせた。

3. 窒化ケイ素球へのテクスチャリング

前章で示した方法を用いて直径 10mm の窒化ケイ素球へのテクスチャリングを行った。レーザの加工条件は永富³⁾らが行った窒化ケイ素平板にレーザ加工を行った時の条件を参考にした。実験条件を Table 1 に示す。Fig. 4 にデジタルマイクロスコープで工作物の表面を観察した画像を示し、Fig. 5 に工作物表面を非接触表面形状粗さ測定機(New View 8200, Zygo 社製)で測定した画像と断面形状を示す。工作物の表面に微細溝が加工され平均高さ 5μm、大きさ約 50μm×50μm の微細突起が形成されている。この微細溝の断面を見ると溝の深さに偏りがあるが、これはこの装置のレーザエネルギー分布に偏りがあるためと考えられる。また Fig. 6 に工作物を付け替えた後に加工した 6 区画目の境界部分をレーザ顕微鏡(VK-X200, KEYENCE(株)製)で観察した画像を示す。Fig. 6 で示しているように溝の位相が 2°ずれており、境界部分の突起が潰れていた。

次に、この方法で加工可能な微細突起の最小の大きさを調べた。溝のピッチを 10μm ずつ小さくし、微細突起を小さくしたパターンを 4 種類加工した。Fig. 7 に溝のピッチを 80μm にして加工したパターンを観察した画像を示す。ピッチ 100μm の時と比べると突起の形状が崩れており、突起の表面も粗くなっている。これはナノ秒オーダーのパルスレーザでは、レーザ光が材料内部まで侵入し、発生した熱が加工部周辺に熱影響を与えた⁴⁾と考えられる。このため溝のピッチが小さくなると熱影響を大きく受け、突起形状が崩れたと考えられる。さらにピッチを小さくすると突起の崩れは大きくなり、ピッチ 70μm では突起の表面がほぼ崩れてしまい、ピッチ 60μm では微細突起は形成できなかった。この手法で加工できるボール工具として実用可能な微細突起の大きさは 30μm×30μm だと考えられる

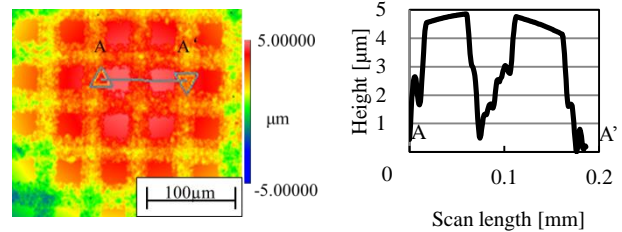


Fig. 5 Laser microscopic image and cross-section profile

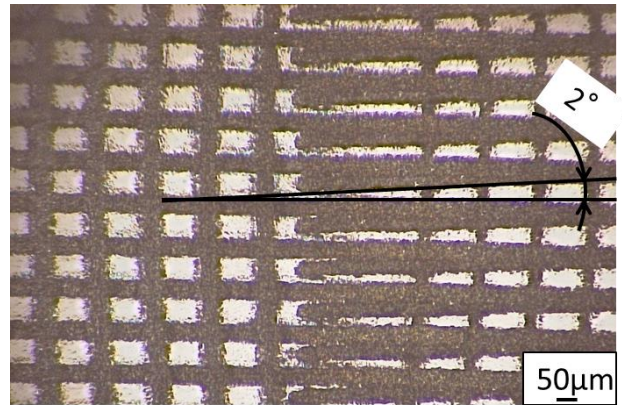


Fig. 6 Laser microscopic image

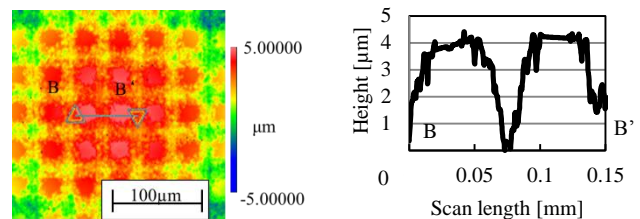


Fig. 7 Laser microscopic image and cross sectional profile

4. 結言

レーザ加工によって球体の全周面に微細構造を形成する手法を提案し、窒化ケイ素球の全周面に微細突起を加工してその加工精度を評価した。またこの手法で加工可能な最小の微細突起の大きさを明らかにし、30×30μm の微細突起を球面に形成した。

5. 参考文献

- 1) 前田晃希ら, 曲面微細テクスチャ用マイクロボールフォーミング装置の開発, 精密工学会学術講演会講演論文集, J31, (2015).
- 2) 永富友貴ら, ファイバー導光ナノ秒グリーンパルスレーザによる窒化ケイ素の微細テクスチャリング, 精密工学会関西地方定期学術講演会論文集, (2016), p.64-65.
- 3) 佃勇気ら, ファイバー導光ナノ秒グリーンパルスレーザ加工装置の開発, 卒業研究発表講演会講演論文集, M18, (2015).
- 4) 岡田龍雄ら, レーザーアブレーション応用の現状と今後の展開, プラズマ・核融合学会誌, Vol.79, No.12, (2003), p1278-1286.