

フェムト秒レーザー誘起周期構造で表面修飾した ジルコニアセラミックスの曲げ強度評価

Bending strength of yttria-stabilized zirconia ceramic irradiated with femtosecond lasers

○欠端雅之¹、屋代英彦¹、大矢根綾子²、伊藤敦夫³、鳥塚 健二¹

1. 産総研 電子光、2. 産総研 ナノ材料、3. 産総研 健康工学

○Masayuki Kakehata¹, Hidehiko Yashiro¹, Ayako Oyane², Atsuo Ito³, and Kenji Torizuka¹

1. Electronics and Photonics RI, AIST, 2. Nanomaterials RI, AIST, 3. Health RI, AIST

E-mail: kakehata-masayuki@aist.go.jp

[背景] イットリア安定化正方晶ジルコニア多結晶体(3mol% Yttria (Y_2O_3)-stabilized tetragonal Zirconia (ZrO_2) polycrystal: 3Y-TZP)は優れた機械的特性を有しインプラント材料として用いられている。フェムト秒 (10^{-15} 秒) レーザーを用いた表面加工技術は、非接触・高精度・低熱負荷の特徴を有することから劣化の少ない加工が期待できる[1]。これまで 3Y-TZP に対しフェムト秒 (fs) レーザー照射により誘起される表面微細周期構造 (LIPSS: Laser induced periodic surface structure) を見出し[2]、表面修飾した基板上への高密着性のアパタイト薄膜形成を確認[3]し、インプラントへの応用研究を進めている。セラミックは亀裂や欠陥の存在により曲げ強度が低下することが問題であり、レーザー修飾後の機械特性評価は応用上必要であり、更にはレーザーと素材の相互作用の情報が得られる可能性がある。今回、LIPSS 表面修飾を行った 3Y-TZP の 4 点曲げ強度評価を行い fs レーザー照射の影響を調べた。

[実験方法] 材料粉末 (TZ-3YB-E, Tosoh) を圧縮成型後に大気雰囲気中で焼結 (1350°C) した素材 (CIP: Cold Isostatic Pressing) と、焼結後に更にアルゴン加圧雰囲気中で熱間等方加圧処理 (HIP: Hot Isostatic Pressing) を施した焼結体を用いた。一般に HIP 処理により結晶粒界のポアが減少し強度が向上する。ISO14704 規格の 4 点曲げ試験用に、各焼結体から $3.0\text{ mm (t)} \times 4.0\text{ mm (w)} \times 45\text{ mm (L)}$ の折り曲げ試験片を作成した。ピークフルエンス約 4 J/cm^2 で直径約 $100\text{ }\mu\text{m}$ のスポットにチタンサファイアレーザー (波長 810 nm 、パルス幅 80 fs) を 40 ショット照射する条件とし、照射スポットを移動し試験片の一面 $4.0\text{ mm (w)} \times 44\text{ mm (L)}$ の領域を表面修飾した。折り曲げ試験には引張圧縮試験機を用い、レーザー照射面を支点間距離 40 mm の支持具側に向けて置き、支点間 20 mm の二個の支点に荷重をかけた。n 個の試験片に対して試験を行い、破壊時の最大荷重から曲げ強さを求めた。

[実験結果] 試験片の密度は HIP 処理したものが 6.05 g/cm^3 、CIP 焼結体が 6.00 g/cm^3 であった。

曲げ強さを Fig.1 に示す。HIP 処理を施した試験片は $1222 \pm 240\text{ MPa}$ 、HIP 処理したものに fs レーザー照射した試験片は $1050 \pm 77\text{ MPa}$ 、通常の焼結体の試験片は $955 \pm 143\text{ MPa}$ 、CIP 焼結体に fs レーザー照射した試験片は $632 \pm 63\text{ MPa}$ であった。HIP 処理することで試験片自体の強度は約 1.3 倍向上した。また fs レーザー照射による強度変化は、HIP 処理した試験片では -14%、CIP 試験片では -34% であり、HIP 処理した試験片の方が fs レーザー照射による強度低下率が小さかった。fs レーザーの照射により、ポアが起点となるクラックや欠陥の形成が推測される。HIP 処理サンプルに fs レーザー照射した試験片は、ISO13356 で求められる外科用インプラントの必要強度 800 MPa を満たしていた。

本研究の一部は JSPS 科研費 16K13706 の助成を受け、文部科学省「ナノテクノロジープラットフォーム」事業の支援により AIST-NPF において実施した。

1. R. A. Delgado-Ruiz *et al.*, J. Biomed. Mat. Res. B, Vol. 96B, 91 (2011).

2. M. Kakehata *et al.*, Proc. LAMP2015, # 15-017 (2015); Proc. SPIE, vol.9740, 97401G (2016);

Proc. LPM2016, #16-08 (2016); Proc. LPM2016, #16-11 (2016).

3. A. Oyane *et al.*, Surf. Coat. Tech. 296, 88 (2016).

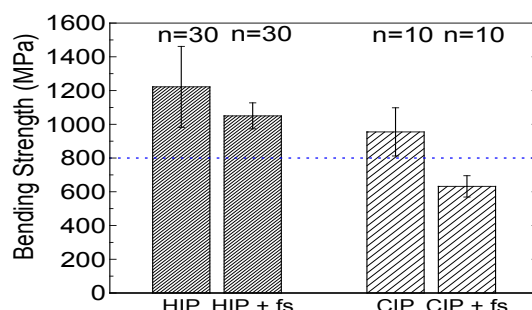


Figure 1. Bending strength of tested samples.