



Title	LAYER MANUFACTURING AND SURFACE TREATMENT OF PURE TITANIUM MODEL USING Nd : YAG LASER
Author(s)	Edson, Costa Santos
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46760">https://hdl.handle.net/11094/46760</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"&gt;https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> >大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	エディソン コスタ サントス Edson Costa Santos
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 19816 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 17 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学 位 論 文 名	LAYER MANUFACTURING AND SURFACE TREATMENT OF PURE TITANIUM MODEL USING Nd: YAG LASER (Nd: YAG レーザを用いた純チタンモデルの積層造形と表面処理)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小坂田宏造  (副査) 教 授 平尾 雅彦    教 授 小林 秀敏    助教授 塩見 誠規

#### 論 文 内 容 の 要 旨

The main objectives of this work is to produce medical implants with surface or internal porosity for improved bone-ingrowth capability made of pure titanium by Selective Laser Melting (SLM) using a built-in-house machine with a Nd : YAG pulsed laser of low average power, correlate the laser processing conditions with the physical and mechanical properties of the fabricated parts and increase the tribological properties of the parts by laser gas nitriding. There is no machine for SLM in the market that uses a pulsed Nd : YAG laser of low average power. Strategies for increasing the tensile and fatigue strength of the parts are suggested. Lasers in three different modes, CW, Q-switched and ms-pulsed, are applied for the coating of the models. By using conventional nitriding processes, the fatigue properties of the components, in particular fatigue strength, can be very much decreased. Therefore, the influence of the laser nitriding on the fatigue properties of the components is investigated.

Mass customized tooth root implants and implants with surface porosity are fabricated. It was shown that using Selective Laser Melting, the internal porosity of the models can be controlled and porous surface structures can also be realized. The density depends on the processing parameters such as laser average power, laser peak power, laser scan speed, hatching pitch and layer thickness. Densities from 95% to 99% are possible using SLM and by using hot-isostatic pressing full density is achieved. Tensile ( $>300$  MPa) and torsional fatigue strength ( $\approx 100$  MPa for  $10^6$  cycles) are adequate for the fabrication of dental implants.

Titanium nitride layers by laser gas nitriding were successfully made on top of pure titanium grade 1 using Nd : YAG lasers in CW and pulsed modes. The thickness and hardness of the layers are functions of the laser energy and scan speed and can vary from 1 to  $2\mu\text{m}$  (ns-pulsed) to more than  $50\mu\text{m}$  (ms-pulsed and CW). Rough and smooth layers are possible to be fabricated. Cracking is avoided by using a stepwise pulse shape

during nitriding by ms-pulsed Nd : YAG laser and the detrimental effect of the nitrided layers on the fatigue strength are very much decreased.

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、チタン製生体機能部品の粉末からの直接造形を目指し、Nd : YAG レーザを用いて純チタン粉末から任意の三次元製品を作成する積層造形法を確立するとともに、レーザによる硬質皮膜表面処理を行う方法の研究をまとめたものである。

第1章では、金属の積層造形およびチタンの表面処理について概論を示し、本研究の位置づけおよび目的を明確にしている。

第2章では、本研究で作製、使用した積層造形装置および表面処理装置について示すとともに材料粉末、Nd : YAG レーザ、加工条件について示している。

第3章では、積層造形法により作成した純チタンモデルの密度、硬さ、引張り強度、疲労強度などの機械的特性に対する加工条件の影響について調べ、実用的な特性が得られる条件を明らかにしている。造形されたモデルの相対密度は90%以上あり、硬さは残留する微量酸素の影響により固体純チタンよりも高い値となることを示している。引張り強度は固体純チタン以上の強度が得られる。疲労強度は表面状態、造形条件の影響が大きく、レーザ走査間隔を小さくすることにより固体の値に近づくことを見いだしている。そして生体機能部品の例として歯、歯根モデルの造形例を示している。

第4章では、耐摩耗性に劣る純チタンの耐摩耗性を改善するために、窒素雰囲気中でNd : YAG レーザを照射してTiN 硬質膜を作成するときのレーザ発振モードの影響について明らかにしている。連続発振モードのNd : YAG レーザを用いた場合、最大0.6 mmのTiN層が得られ、表面の硬さは900 HVとなるが、表面粗度は悪い。また硬質層は表面よりTiN、TiN<sub>0.3</sub>、窒素固溶チタン層と傾斜していることを明らかにしている。パルス発振モードの場合、通常のパルス波形で硬質膜表面は滑らかとなるが、割れが生じる。そこでパルス波形を変化させ、1パルス照射後の冷却速度を遅くすることを提案し、割れの無い滑らかなTiN 硬質膜の作成を可能にしている。

以上の研究成果は、積層造形および表面処理された純チタン製品の医療分野への適用に対して有益なものであり、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。