



Title	Fabrication and characterization of lotus-type porous Ni-free stainless steels for biomedical applications
Author(s)	Alvarez, Petit Kelly Patricia
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48734
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	アルバレス ベティ ケリー バトリシア Alvarez Petit Kelly Patricia
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 2 0 3 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学 位 論 文 名	Fabrication and characterization of lotus-type porous Ni-free stainless steels for biomedical applications (生体医療用ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼の作製と評価)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 中嶋 英雄 (副査) 教 授 馬越 佑吉 教 授 藤本 慎司 准教授 中野 貴由

論 文 内 容 の 要 旨

In this thesis, lotus-type porous Fe-25 wt.%Cr, Fe-23 wt.%Cr-2 wt.%Mo Ni-free alloys and type AISI 446 stainless steel with approximately 0.3% Ni were fabricated by continuous zone melting technique in pressurized hydrogen and helium gas. The porosity of the samples varied in the range 44-48% and the mean pore size values obtained ($150\text{-}370\mu\text{m}$) were in the biomedical field desired range. The fabricated lotus-type porous nickel-free stainless steels were nitrided at high temperature up to the nitrogen concentration of 1.0 wt.% and this amount resulted to be sufficient for maintaining almost single phase austenitic structure at room temperature.

The localized corrosion resistance of the investigated high nitrogen Ni-free stainless steels, measured as pitting potential, E_b , resulted to be higher than that of type 316L stainless steel. Polarization resistance indicates that the corrosion rate of lotus-type porous high nitrogen Ni-free stainless steels is an order of magnitude lower than that of lotus-type porous 316L stainless steel in acidic environment. On the other hand, lotus-type porous Ni-free stainless steels showed a quite low metal ion release in simulated body fluids (SBF). Furthermore, cell culture studies showed that the fabricated materials were non-cytotoxic to murine osteoblasts cell line. Finally, after 12 weeks implantation no biocompatibility problems were caused by the fabricated lotus-type porous Ni-free austenitic stainless steel in the Sprague-Dawley rats.

The combination of very small magnetic susceptibility, light weight, Young's modulus and compressive strength close to the human cortical bone, excellent corrosion resistance in acidic solutions as well as in simulated body fluids solutions, together with the cytocompatibility and non-cytotoxicity makes this lotus-type porous Fe-Cr-N alloys very attractive for bone implant applications.

The thesis was organized into ten chapters as follows :

Chapter 1 is an introduction to the subject and outlines the need and the scope of this investigation. Chapter 2 briefly reviews the state of the art of the fabrication techniques of high nitrogen stainless steels as well as some

theoretical concepts needed to develop this research. Chapter 3 reports on the experimental procedure and techniques for the fabrication and physical and mechanical characterization of the investigated materials. Chapter 4 presents the results and discussion of the electrochemical performance of the fabricated lotus-type porous Ni-free stainless steels in acidic chloride media. In chapter 5 is described the in vitro electrochemical biocompatibility evaluation using simulated body fluids. Chapter 6 presents the results of the potentiodynamic study in the presence of murine fibroblasts. In Chapter 7 the results of the in vitro biocompatibility evaluation using murine osteoblasts are presented. Chapter 8 presents the findings of the ICP-MS study of metal ion release. Chapter 9 provides the results of the in vivo biocompatibility evaluation in a rat model. Finally, Chapter 10 summarizes the conclusions.

論文審査の結果の要旨

本論文は、多孔質材料の生体適合性の妥当性を金属組織学的手法から動物実験に至る広範囲の研究手法で検討している。すなわち、高圧水素－ヘリウムガスを用いた連続帯溶融法によりロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼を作製し、窒化処理後、腐食試験、細胞培養実験、ラット実験を行い、ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼の生体適合性を評価している。

本研究で得られた主な結果は以下の通りである。

- (1)ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼のヤング率と圧縮強度は、気孔の配列方向が荷重と垂直な方向では人間の皮質骨と同程度であることを見出している。
- (2)SQUID 磁力計法により測定したロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼の帯磁率は非常に小さく MRI 断層撮影においても問題を生ずることがないことを明らかにしている。
- (3)Ni フリーステンレス鋼の耐局部腐食性は AISI 316L ステンレス鋼より高いことを見出している。すなわち、ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼の分極抵抗法により評価した腐食速度はロータス型ポーラス AISI 316L ステンレス鋼と比べて 1 桁小さいことを明らかにしている。
- (4)マイクロ化学分析により、ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼は擬似体液中でかなり低い金属イオンリリースを示すことを明らかにしている。
- (5)細胞培養実験により、ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼は骨芽細胞に対して非毒性であることを確認している。
- (6)12 週間のラット実験により、ロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼のインプラントは高い生体適合性を有していることを見出している。また、長骨方向に対して気孔の伸び方向が平行な場合、骨がより成長しやすいことを見出し、骨とインプラント界面でのせん断応力は他の方向に埋め込んだ場合と比較して高い値を示している。

以上のように、本論文はロータス型ポーラス Ni フリーステンレス鋼の生体適合性を系統的に調べ生体医療用材料への適用可能性に関する多くの知見を含んでおり材料工学の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。