Thesis Title	Corrosion Resistance of Titanium and Its Alloys as Implanted Materials in Bone Surgery
Author	Miss Areeya Aeimbhu
Degree	Doctor of Philosophy (Materials Science)
Thesis Advisory Committee	Dr. Pisith Singjai — Chairperson
	Assoc. Prof. Dr. Somchai Thongtem — Member
	Assist. Prof. Dr. Torranin Chairuangsri — Member

ABSTRACT

The adsorption of proteins on biomaterial surfaces and their interaction within the body are major concerns in the field of biocompatible materials. Direct observation of adsorbed proteins on these surfaces may help understand the acceptance of organ and bone implants. Therefore, the two objectives of this thesis are to investigate the adsorption of egg white proteins (albumen) as a model protein onto titanium and to study the corrosive effects the albumen has on titanium. The chemical surface composition of titanium was examined by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), which was used to determine the proteins adsorption behaviour, and Atomic force microscopy (AFM), which was used to identify the adsorbed proteins topography and roughness. The adsorption isotherm was plotted by charting the increase in the nitrogen 1s intensity and also by measuring the decrease in the titanium 2p intensity on the adsorbed film layer. It was shown that both sets of data

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

were compatible to the Temkin isotherm. In a solution of only 100 ppb by volume, the albumen coverage reached 25% of a monolayer suggesting that it easily binds itself to the native TiO_2 surface. Conclusively, a complete monolayer was formed by a solution concentration of 100 ppm. When the concentration was 100 ppm, the topography of the adsorbed molecules revealed that they began to appropriate the characteristic globular shape of protein. In addition, the carbon 1s signal was used to estimate the surface free energy at different surface coverages by means of the model developed by Kinloch, Kodokian and Watts (1992). The results from the XPS spectra indicated that the carbon species changed with the presence of the proteins. Moreover, the chemical analysis of the concentration range showed that there was an increase of $C-N$ and $O-C=O$, which indicates a transformation from the initial coverage of hydrophobic contaminated molecules to the hydrophilic surface presented by the adsorbed albumen film. Furthermore, the electrochemical behaviour of the adsorbed proteins was studied by using a saline solution with and without albumen. The effectiveness of the proteins and the corrosive resistance of titanium was observed via potentiodynamic polarisation. It was found that the adsorption of albumen obstructed the passivation and the corrosion rate in the passive region was increased. The increase in corrosion rates as observed may suggest that the proteins play an important role in the corrosion process.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	**ความต้านทานการกัดกร่อนของไทเทเนียมและโลหะผสมไทเทเนียมเพื่อใช้เป็นวัสดุฝังในการทำศัลยกรรมกระดูก**
ผู้เขียน	**นางสาวอารียา เอี่ยมบู่**
ปริญญา	**วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วัสดุศาสตร์)**

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	**ดร.พิศิษฐ์ สิงห์ใจ**	**ประธานกรรมการ**
	รศ.ดร. สมชาย ทองเต็ม	**กรรมการ**
	ผศ.ดร. ธรณินทร์ ไชยเรืองศรี	**กรรมการ**

บทคัดย่อ

การดูดซับและการเกิดอันตรกิริยาของโปรตีนที่พื้นผิววัสดุทางการแพทย์ที่ใช้ฝังในร่างกายมีความสำคัญต่อการเข้ากันได้ของวัสดุกับร่างกาย ดังนั้นงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาการดูดซับของโปรตีนจากไข่ขาวบนพื้นผิวของไทเทเนียม และศึกษาผลของโปรตีนต่อการเกิดการกัดกร่อนของไทเทเนียม ปริมาณโปรตีนที่ดูดซับที่พื้นผิวศึกษาโดยใช้เอกซ์เรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโทรสโกปี เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมการดูดซับของโปรตีน และอะตอมมิกโฟซไมโครสโกปี เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานของโปรตีนที่พื้นผิว ปริมาณโปรตีนที่ดูดซับบนพื้นผิวโดยใช้สัญญาณที่เพิ่มขึ้นของไนโตรเจนและสัญญาณที่ลดลงจากไทเทเนียมเป็นตัวบ่งชี้ถึงฟิลม์โปรตีนที่พื้นผิว พบว่า ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นและไทเทเนียมลดลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับเทมดินไอโซเทอร์ม ที่ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากับ 100 ส่วนในพันล้านส่วน (ppb) โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาตรนั้นการปกคลุมของโปรตีนบนพื้นผิวเป็นร้อยละ 25 ของโมโนเลเยอร์ แสดงว่าโปรตีนเกิดพันธะได้ง่ายกับไทเทเนียมออกไซด์ เมื่อความเข้มข้นเท่ากับ 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยปริมาตรเกิดโมโนเลเยอร์โดยสมบูรณ์ และโมเลกุลของโปรตีนเริ่มแสดงลักษณะโมเลกุลของโปรตีน จากการวิเคราะห์สเปกตรัมของคาร์บอนเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณพลังงานเสรีพื้นผิว โดยใช้แบบจำลองของคินลอลซ์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชนิดของพันธะคาร์บอนเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการดูดซับโปรตีนโดยการเพิ่มขึ้นของพันธะ $C-N$ และ $O-C=O$ และพันธะของคาร์บอนมีการแปลงจากโมเลกุลปนเปื้อนที่ไม่ชอบน้ำเป็นพื้นผิวที่ชอบน้ำเมื่อมีการดูดซับของฟิลม์โปรตีน มากไปกว่านี้ ได้ศึกษาพฤติกรรมทางไฟฟ้าเคมีของไทเทเนียมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ผสมโปรตีน เพื่อสังเกตผลของโปรตีนต่อความต้านทานการกัดกร่อนของไทเทเนียมด้วยเทคนิคโพเทนชิโอไดนามิกโพลาไรส์เซชัน พบว่าการดูดซับของโปรตีนขัดขวางการเกิดกสานต์และอัตราการกัดกร่อนในบริเวณกสานต์เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของอัตราการกัดกร่อนแสดงว่าโปรตีนมีความสำคัญต่อกระบวนการกัดกร่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved