การปรับปรุงโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกายภาพของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีรูพรุน โดยการเติมซิลิกาและแก้วเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก

นางสาวณัฐกานต์ โกษาจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิก ภาควิชาวัสดุศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

IMPROVEMENT OF MICROSTRUCTURAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF POROUS HYDROXYAPATITE BY ADDING SILICA AND GLASS FOR USE AS A BONE REPLACEMENT MATERIAL

Miss Nudthakarn Kosachan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Ceramic Technology

Department of Materials Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2007

Thesis Title	IMPROVEMENT OF MICROSTRUCTURAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF POROUS HYDROXYAPATITE BY ADDIING SILICA AND GLASS FOR USE AS A BONE REPLACEMENT MATERIAL
By	Miss Nudthakarn Kosachan
Field of Study	Ceramic Technology
Thesis Advisor	Supatra Jinawath, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Angkhana Jaroenworaluck, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Science, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

S. Hannongbua ..... Dean of The Faculty of Science

(Professor Supot Hannongbua,Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

S. Ch ..... Chairman

(Associate Professor Saowaroj Chuayjuljit)

Supatra ..... Thesis Advisor

(Associate Professor Supatra Jinawath, Ph.D.)

Angkhana Jaroenworaluck ..... Thesis Co-advisor

(Angkhana Jaroenworaluck, Ph.D.)

Dujreutai Pongkao Kashima ..... Member

(Dujreutai Pongkao Kashima, D. Eng)

Pornapa Sujaridworakun ..... Member

(Pornapa Sujaridworakun, D. Eng)

ณัฐกานต์ โกษาจันทร์. การปรับปรุงโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกายภาพของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีรูพรุนโดยการเติมซิลิกาและแก้วเพื่อใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก.(Improvement of microstructural and physical properties of porous hydroxyapatite by adding silica and glass for use as a bone replacement material). อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุพัตรา จินาวัฒน์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร.อังคณา เจริญวรลักษณ์,110 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีรูพรุนให้มีความแข็งแรงสำหรับใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก โดยทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาคและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ให้มีความหนาแน่นสูงในขณะเดียวกันก็ยังคงไว้ของโครงสร้างที่มีความเป็นรูพรุนสำหรับคุณสมบัติทางด้านความเข้ากันได้ทางชีวภาพหรือไบโอแอคทีฟ โดยในการศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ไม่ได้มีการเติมและที่เติมผงซิลิกาและแก้วหลอมในอัตราส่วนตั้งแต่ 0.5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์(โดยน้ำหนัก) ที่ผ่านการเผาผนึกที่ 1150 และ 1300 องศาเซลเซียส ทำการขึ้นรูปวัสดุโดยวิธีการใช้แรงอัดที่ความดันสูงและวิธีการใช้วัสดุโฟมพอลิเมอร์เป็นวัสดุต้นแบบที่ทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นรูพรุน วัสดุที่ได้จากการขึ้นรูปและผ่านการเผาผนึกได้ถูกตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดและเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตรมิเตอร์ การเปลี่ยนแปลงหมู่ฟังก์ชันทางเคมีได้ใช้วิธีฟลูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟาเรดสเปกโตรสโคปีในการตรวจสอบ และทำการวัดคุณสมบัติเชิงกลคือวัด ความแข็งแรงเชิงกด และความแข็ง สำหรับคุณสมบัติการเข้ากันได้ทางชีวภาพนั้นทำการทดสอบโดยการนำวัสดุตัวอย่างไปแช่ในสารละลายเอสบีเอฟที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

จากการศึกษาพบว่าวัสดุไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่ขึ้นรูปด้วยการอัดจะมีอัตราการเปลี่ยนเฟสจากไฮดรอกซีอะพาไทต์เป็นไตรแคลเซียมฟอสเฟตเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและปริมาณของสารเติมแต่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกลและไบโอแอคทีฟ การขึ้นรูปไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีรูพรุนโดยใช้วิธีโฟมพอลิเมอร์และเผาผนึกที่ 1300 องศาเซลเซียสจะทำให้ได้ตัวอย่างที่มีขนาดของรูพรุนระหว่าง 100 ถึง 420 ไมครอนและมีลักษณะเป็นรูพรุนที่มีความต่อเนื่องเหมาะกับการนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูก การเติมแก้วหลอม 0.5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักในไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีรูพรุนทำให้ปริมาณของรูพรุนลดลงจาก 85 เป็น 78 เปอร์เซ็นต์ช่วยให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจาก 0.67เป็น 11 เมกะปาสคาล จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าไฮดรอกซีอะพาไทต์ที่มีรูพรุนที่มีการเติมแก้วหลอมมีสมบัติที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัสดุทดแทนกระดูกสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์

ภาควิชาภาควิชา...วัสดุศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....ณัฐกานต์ โกษาจันทร์.....

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีเซรามิก.... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....Supatra.....

ปีการศึกษา.....2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....ANGKHANA JAROENWORALUK.....

4872276623 : CERAMIC TECHNOLOGY MAJOR

KEY WORD: HYDROXYAPATITE (HA) / TRICALCIUM PHOSPHATE (TCP)/ SILICA (SiO_2) / GLASS

NUDTHAKARN KOSACHAN: IMPROVEMENT OF MICROSTRUCTURAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF POROUS HYDROXYAPATITE BY ADDING SILICA AND GLASS FOR USE AS A BONE REPLACEMENT MATERIAL.THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.SUPATRA JINAWATH, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: ANGKHANA JAROENWORALUCK, Ph.D.,110 pp.

The aim of this study was to improve strength of porous hydroxyapatite (HA) for use as a bone replacement material. Microstructural and physical properties were also studied and evaluated. Methods of processing the HA ceramic to high density yet retaining the large open pores required for biocompatibility were investigated. Uniaxial pressing, to fabricate standard pellets and the polymer foam technique, were employed to produce the desired structures. Fabrication of porous HA with and without additives using these methods was also undertaken for comparison. Silica (SiO_2) and commercially available glass frit were used as additives. The silica powder and glass frit were added to the HA powder in the range of 0.5 to 20 wt% to fabricate the final ceramic structures. Sintering was done at 1150°C and 1300°C for 4 h. XRD and SEM analysis were used to characterize the sintered HA samples. FT-IR analysis was used for chemical functional analysis. Compressive strength and hardness measured the mechanical properties. The sintered HA samples were immersed in simulated body fluid (SBF) for various periods of time to determine bioactivity. For uniaxially pressed HA, the transformation of HA to TCP occurred at the higher sintering temperature and the amount of additive was related to mechanical strength and bioactivity. For HA doped with the silica or glass frit, < 5.0wt%, faster precipitation of new layers of Ca-P was noted. HA fabricated from the polymeric foam method, after sintering at 1300°C, had a pore size in the range 100-420 μm with interconnected pores suitable for bone ingrowth. HA with glass from 0.5 to 20.0wt% had a slightly decreased porosity from 85 to 78%, and the compressive strength varied between 0.67 to 11 MPa. This study indicates that porous HA with glass additive can be used as a bone replacement material in medical applications due to its combination of attractive properties.

Department……Material Science……..Student's signature..Nudthakarn Kosachan..

Field of study….Ceramic Technology…..Advisor's signature……Supatra……

Academic year..2007……..Co-advisor's signature…Angkhana Jaroenworaluck

ACKNOWLEDGEMENTS

Firstly, I would like to express my sincere thanks to my advisor, Assoc. Prof. Dr. Supatra Jinawath, who kindly gives me every benefit of her advice and discussion. I would like to extend my gratitude to my co-advisor, Dr. Angkhana Jaroenworaluck of the National Metal and Materials Technology Center (MTEC), for her guidance, suggestions and discussions. I have learnt a lot of things from her support throughout this work. Moreover, I would like to thank Prof. Dr.Ron Stevens of University of Bath, UK, for his useful comments and discussion in this thesis and scientific papers published in international conference proceedings and journals.

MTEC is greatly acknowledged for its support throughout my work. This thesis is a part of research project financially supported by MTEC under funding no. MT-B-49-BMD-07-117-I. I also gratefully appreciated the financial support of the Thailand Graduate Institute of Science and Technology (TGIST) for financial support. I would like to thank all of MTEC technical staff for their help in teaching me how to use equipments for the experimental investigation.

Finally, I would like to express the special thanks to my parents for giving me life, love, encouragement and support for everything. Thanks to my brother and my sister for taking their time and patience to listen to all my problems, complaints and frustrations.

CONTENTS

Page

Page

LIST OF TABLES

Page

LIST OF FIGURES

Page

Page

Page

Page

Page