PREPARATION OF BACTERIAL CELLULOSE SHEETS WITH ELECTRICAL AND MAGNETIC PROPERTIES

Paweena Wongsakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University
2010

Thesis Title:	Preparation of Bacterial Cellulose Sheets with Electrical and Magnetic Properties
By:	Paweena Wongsakul
Program:	Polymer Science
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Ratana Rujiravanit
	Prof. Hiroshi Tamura

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

..... College Director

(Assist. Prof. Pomthong Malakul Na Ayudhaya)

Thesis Committee:

Ratana Rujiravanit

(Assoc. Prof. Ratana Rujiravanit)

(Prof. Hiroshi Tamura)

Anuvatsirivat

(Assoc.Prof. Anuvat Sirivat)

Panya Wongpanit

(Dr. Panya Wongpanit)

ABSTRACT

5172025063: Polymer Science Program
Paweena Wongsakul: Preparation of Bacterial Cellulose Sheets with Electrical and Magnetic Properties
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Ratana Rujiravanit and Prof. Hiroshi Tamura 99 pp.
Keywords: Bacterial cellulose/ *Acetobacter xylinum*/ Polyaniline/ Magnetite particles

Polyaniline (PANI) was synthesized via chemical oxidative polymerization using ammoniumpersulfate as an oxidizing agent and in the presence of bacterial cellulose (BC) during the polymerization to obtain BC sheets with electrical properties. Magnetite particles (Fe_3O_4) were synthesize by co-precipitation method, using ammonia gas as precipitating agent and again in the presence of BC to obtain BC sheets with magnetic properties. The BC sheets were produced from *Acetobacter xylinum* TISTR 975. The chemical and physical characterization of resultant sheets were carried out using SEM, FT-IR, TG-DTA, XRD, two point probe electrometer, and VSM. SEM micrographs revealed that PANI covered the surfaces of the BC surface. Characteristic peaks of both the BC and PANI were observed in the FT-IR spectra of the BC sheets containing PANI. The TG-DTA curves showed the thermal stability of the BC sheets with PANI was increased as compared to that of the pure BC sheet. A maximum electrical conductivity of 6.17 S/cm was observed for the BC sheet with PANI polymerized by using an aniline monomer content of 30 %wt. Saturated magnetization of BC containing Fe_3O_4 (in the absence of PANI) increased from 3.14 to18.38 $emug^{-1}$ with increasing the initial concentration of iron precursors from 0.05 to 0.20 M. Moreover, BC containing Fe_3O_4 both with and without the incorporating of PANI showed super-paramagnetic behavior with coersivity less than 100 Oe. This work introduced a facile method for the preparation of BC sheets with electrical and magnetic properties.

บทคัดย่อ

ปวีณา วงศ์สกุล : การเตรียมแผ่นเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และทางแม่เหล็ก (Preparation of Bacterial Cellulose Sheets with Electrical and Magnetic Properties) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร. รัตนา รุจิรวนิช และ ศ.ดร. ฮิโรชิ ทามูระ 99 หน้า

พอลิอะนิลีน (Polyaniline) และอนุภาคแม่เหล็กชนิดแม็คนิไทท์ (Magnetite particles, Fe_3O_4)ได้ถูกสังเคราะห์ขึ้น โดยให้องค์ประกอบดังกล่าว ติดอยู่บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส ซึ่งเป็นเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากเชื้อแบคทีเรีย (*Acetobacter Xylinum*) เพื่อกำจัดปัญหาในเรื่องของการขึ้นรูปของวัสดุทั้งสอง อีกทั้งทำให้ได้แบคทีเรียเซลลูโลส ที่มีทั้งคุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางแม่เหล็กขึ้น พอลิอะนิลีนซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดคุณสมบัติทางไฟฟ้า ถูกสังเคราะห์ขึ้นจากอะนิลีนโมโนเมอร์ โดยอาศัยปฏิกิริยา Oxidative polymerization ส่วนอนุภาคแม่เหล็กชนิดแม็คนิไทท์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดคุณสมบัติทางแม่เหล็ก ถูกสังเคราะห์ด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยเบส โดยใช้ Fe^{2+} และ Fe^{3+} เป็นสารตั้งต้น ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงลักษณะทางสัณฐานวิทยา โครงสร้างทางเคมี ความเสถียรทางความร้อน สมบัติทางไฟฟ้า สมบัติทางแม่เหล็ก และการตอบสนองต่อสนามไฟฟ้าของวัสดุดังกล่าว ซึ่งจากการศึกษาลักษณะทางสัญฐานวิทยาโดยเทคนิค SEM ของแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่มีพอลิอะนิลีนอยู่ด้วยนั้น พบว่า พอลิอะนิลีนสามารถคลุมผิวของเส้นใยเซลลูโลสได้อย่างทั่วถึง อีกทั้งความหนาของชั้นพอลิอะนิลีนสูงขึ้น เมื่อปริมาณการใช้อะนิลีนโมโนเมอร์ในการสังเคราะห์สูงขึ้น ความเสถียรทางความร้อนสูงขึ้นเมื่อมีพอลิอะนิลีน หรือ อนุภาคแม็คนิไทท์อยู่บนแผ่นแบคทีเรียเซลลูโลส สำหรับการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของนั้น พบว่า แผ่นแบคทีเรียเซลลูโลสที่มีพอลิอะนิลีนที่สังเคราะห์จากอะนิลีนโมโนเมอร์ 30% โดยน้ำหนัก มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดที่ 6.17 s/cm และสมบัติทางแม่เหล็กโดยเทคนิค VSM พบว่า ค่า Saturated magnetization, M_s ของแผ่นเส้นใยเซลลูโลสที่มีอนุภาคแม็คนิไทท์อยู่ด้วย จะมีค่าสูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของไอออน Fe^{2+} และ Fe^{3+} ที่ใช้ในการสังเคราะห์เพิ่มสูงขึ้น และพบอีกว่าทุกชิ้นงานมี hysteresis loop ที่เล็กมากอีกทั้ง มีค่า coercivity; H_c =~ 59.51–82.26 Oe ที่ต่ำ ซึ่งการสมบัติที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่างานวิจัยนี้สามารถที่จะสังเคราะห์แผ่นของเส้นใยเซลลูโลสที่สังเคราะห์จากแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติที่น่าสนใจ ที่เหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับเทคโนโยลีชั้นสูงต่อไป

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my sincere gratitude to my advisor and co-advisor, who are Asssoc. Prof. Ratana Rujiravanit and Prof. Hiroshi Tamura, for their sincere assistances. They have provided the very useful guidance and the great encouragement throughout this research. I deeply thanks to Assoc. Prof. Anuvat Sirivat and Dr. Panya Wongpanit for serving on my thesis committees and giving the useful suggestion.

This thesis work is funded by the Petroleum and Petrochemical College; and the National Excellence Center for Petroleum, Petrochemicals and Advanced Materials, Thailand. And also I would like to thank the Graduate School Chulalongkorn University for providing partial financial support (The 90th Anniversary of Chulalongkorn University Fund) to this research.

I would like to thank the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University where I have gained the valuable knowledge and experience in the Polymer Science programs and the author greatly appreciates all professors, lecturers and staffs who have tendered knowledge and technical support during my stay in this college.

Finally, I would like to thank my PPC friends for their friendship, helpfulness and creative suggestions. I am also greatly appreciated to my family for their love, understanding, and constant encouragement during my studies and thesis work. Without all of them, this work and my life have not been successful.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

CHAPTER **PAGE**

LIST OF TABLES

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

TABLE **PAGE**

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**