ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
191022

รายงานการวิจัย

การเตรียมฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนโลหะสำหรับทำกังหันน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

(Preparation of Titanium Dioxide Films on Metal of Water Wheel for Domestic Wastewater Treatment)

โดย

ดร.สายัณห์ ผุดวัฒน์
ดร.กมล เอี่ยมพนากิจ
นางสาวขนิษฐา หทัยสมิทธิ์
ดร.มติ ห่อประทุม

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2554

b00255509

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
191022

รายงานการวิจัย

การเตรียมฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ลงบนโลหะสำหรับทำกังหันน้ำเพื่อบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

(Preparation of Titanium Dioxide Films on Metal of Water Wheel for Domestic Wastewater Treatment)

โดย

ดร.สายัณห์ ผุดวัฒน์

ดร.กมล เอี่ยมพนากิจ

นางสาวขนิษฐา หทัยสมิทธิ์

ดร.มติ ห่อประทุม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2554

บทคัดย่อ

191022

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ที่เตรียมโดยเทคนิค โซล-เจล เคลือบลงบนแผ่นสแตนเลส เกรด 304 และศึกษา ผลของ อัตราเร็วในการจุ่มเคลือบ จำนวนรอบในการเคลือบและอุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อน ซึ่งพบว่า ที่อัตราเร็วในการจุ่มเคลือบ 0.12 cm/s จำนวน 30 รอบ และ อุณหภูมิอบที่ 500 ºC เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการสร้างฟิล์มไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่มีโครงสร้างเป็นผลึกในเฟสอนาเทส ที่มีระนาบหลักคือ (101) โดยลักษณะพื้นผิวมีลักษณะก่อตัวเป็นเกรนค่อนข้างสม่ำเสมอในลักษณะกลม ที่มีขนาดอยู่ในช่วง 10-50 nm ฟิล์มที่เตรียมด้วยเงื่อนไขข้างต้น ถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง เพื่อบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนโดยเคลือบฟิล์มลงบนใบพัดกังหันน้ำ จำนวน 24 แผ่น ซึ่งมีพื้นที่ฟิล์มในการสัมผัสแสงและน้ำรวม 0.504 m^2 ภายใต้ปริมาตรการทำงานในการบำบัดน้ำเสีย 0.0135 m^3 ในปริมาตร 0.043 m^3 และพื้นที่ในการทำงาน 0.09 m^2 พบว่าภายใต้แสงยูวีใกล้ ระยะเวลา 24 hrs ความเข้มแสงเฉลี่ย 0.89 mW/cm^2 อัตราเร็วในการหมุนของกังหัน 17 rev/min. กังหันน้ำที่เคลือบด้วยฟิล์ม TiO_2 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนสูงกว่ากังหันน้ำที่ไม่เคลือบฟิล์ม TiO_2 โดยเฉพาะประสิทธิภาพในการบำบัด COD TS TDS และ PO_4^{3-} ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาก โดยเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมีค่าสูงกว่า 100% และเมื่อนำกังหันน้ำที่เคลือบด้วย TiO_2 มาศึกษาการจางสีของเมทิลลีนบลู ความเข้มข้น 0.05 mmol/L ภายใต้แสงจากดวงอาทิตย์ พบว่า มีประสิทธิภาพในการจางสี 35.6% ภายในเวลา 24 hrs. และมีประสิทธิภาพมากกว่ากังหันน้ำที่ไม่เคลือบฟิล์ม TiO_2 อยู่ที่ 21.7%

ABSTRACT

191022

Titanium dioxide (TiO_2) was prepared by Sol-Gel technique that was coated on the grade 304- stainless steel. Effect of dip coated speed, number of coated cycles and annealed temperature on films properties were investigated. The optimum condition for film preparation was at dip coated speed of 0.12 cm/s, number of coated cycles of 30 cycles and annealed temperature of 500 °C. TiO_2 film was crystal structure in anatase phase that had the main plane (101). Surface morphology of the TiO_2 films formed grain that look like knobby shape. Nano-grain sizes were slightly difference that showed in the range of 10-50 nm. Under optimum condition, TiO_2 film was used as photocatalyst to treat domestic wastewater. TiO_2 film was coated on the paddles of water wheel and 24 paddles were used to create water wheel. Films surface area were contact to wastewater and the light around 0.504 m^2 under working volume and working area of 0.0135 m^3 and 0.09 m^2, respectively. Under irradiation of the near UV with average intensity of 0.89 mW/cm^2 over 24 hrs., and rotational speed of 17 rev/min., the coated-TiO_2 water wheel had higher treatment efficiency than the uncoated-TiO_2 water wheel. Especially for COD, TS, TDS and PO_4^{3-}, coated-TiO_2 water wheel had greater treatment efficiency than the uncoated-TiO_2 water wheel that percentage difference were greater than 100%. On degradation of methylene blue of concentration of 0.05 mmol/L and under the sunlight over 24 hrs., the coated-TiO_2 water wheel had degraded efficiency of 35.6% and greater than uncoated-TiO_2 water wheel of 21.7%.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2554 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ คณาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่ช่วยเหลือในการจัดเตรียมห้องปฏิบัติการ เอื้อเฟื้อเครื่องมือและสถานที่ทำวิจัย รวมถึงนักศึกษาที่ช่วยกันเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง เก็บรวมรวมข้อมูล

ประโยชน์ใดๆ ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัย ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมถึงผู้ที่นำผลการศึกษาไปต่อยอดสร้างสรรค์ให้เกิดประโยชน์แก่สาธารณชนได้อย่างเหมาะสมต่อไป

คณะผู้วิจัย

ดร.สายัณห์ ผุดวัฒน์

ดร.กมล เอี่ยมพนากิจ

นางสาวขนิษฐา หทัยสมิทธิ์

ดร.มติ ห่อประทุม

กันยายน 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(ก)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
กิตติกรรมประกาศ	(ค)
สารบัญ	(ง)
สารบัญรูปภาพ	(ช)
สารบัญตาราง	(ญ)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(ฎ)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	5
2.1.1 กระบวนการยึดเกาะที่ผิวหรือกระบวนการดูดจับที่ผิว	6
2.1.2 การฉายแสง (Irradiation process)	8
2.1.3 กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของ TiO_2	8
2.2 กระบวนการเตรียมฟิล์มด้วยเทคนิคโซล-เจล และกระบวนการเคลือบแบบจุ่มเคลือบ	9
2.2.1 การเกิดเจล	12
2.2.2 ตัวเร่งปฏิกิริยาในการบวนการโซล-เจล	13
2.2.3 การเตรียมโซล-เจล	14
2.2.4 การเคลือบแบบจุ่มเคลือบ	15
2.3 วัสดุรองเคลือบ (Substrates)	17
2.4 น้ำเสียจากชุมชน (Domestic Wastewater)	17
2.4.1 น้ำเสียชุมชน	17
2.4.2 ลักษณะน้ำเสี	18

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.3 ตัวแปรคุณลักษณะน้ำเสีย	19
2.4.4 แหล่งน้ำเสียจากชุมชน	20
2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	22
2.5.1 การเตรียมฟิล์ม TiO_2 โดยเทคนิค Sol-gel	22
2.5.2 การวิเคราะห์ฟิล์ม TiO_2	22
2.5.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย	24
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือ	27
3.1.1 สารเคมีและวัสดุ อุปกรณ์ ในการเตรียมฟิล์มและการตรวจสอบ	27
3.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ ที่ช่วยในการเตรียมฟิล์ม	28
3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณลักษณะของฟิล์ม	28
3.2 การเตรียมชิ้นงาน	28
3.2.1 การเตรียมโซลเจล และผง	29
3.2.2 การเตรียมฟิล์มจากโซลเจลบนสแตนเลส	29
3.2.3 การเคลือบแบบจุ่มเคลือบ	30
3.3 การวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะ และความสามารถของกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	31
3.3.1 การวิเคราะห์ความเป็นผลึกและขนาดผลึกของผง และฟิล์ม TiO_2	31
3.3.2 การศึกษาลักษณะพื้นผิวของ TiO_2	32
3.3.3 การศึกษาความสามารถของกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของฟิล์มและผง TiO_2	33
3.4 การออกแบบและสร้างกังหันน้ำ	33
3.5 การศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน	35
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ฟิล์มเคลือบไทเทเนียมออกไซด์บนสแตนเลส	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.1 การศึกษาความเป็นผลึกของฟิล์มไทเทเนียมออกไซด์บนสแตนเลส	36
4.1.2 ลักษณะพื้นผิวฟิล์ม (Surface Morphology)	42
4.1.3 ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	45
4.2 ผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน	47
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	56
5.1.1 การออกแบบกังหันและการควบคุม	56
5.1.2 ฟิล์มเคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์บนสแตนเลส	56
5.1.3 ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง	57
5.1.4 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย	57
5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	58
บทที่ 6 ผลผลิต	
6.1 เอกสารการเผยแพร่งานวิจัย	59
เอกสารอ้างอิง	60
ภาคผนวก	65

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของอนุภาคสารกึ่งตัวนำ	1
2.2 การเปลี่ยนสถานะจากคอลลอยด์ที่เป็นอนุภาคของแข็งแขวนลอยอยู่ใน ของเหลว (โซล) กลายเป็นคอลลอยด์ที่เป็นของแข็ง (เจล)	10
2.3 สายกิ่งของโพลิเมอร์เมื่อเกิดการไฮโดรไลซิส	12
2.4 (ก) กลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสภาวะที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ TEOS ($Si(OC_2H_5)_4$) และ (ข) เป็นกลไกการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสภาวะที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของ TEOS ($Si(OC_2H_5)_4$)	13
2.5 การโตของโพลิเมอร์และการเกิดเจล (ก) สภาวะที่ใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (ข) สภาวะที่ใช้เบสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	14
2.6 กระบวนเตรียมการโซล-เจล	15
2.7 ขั้นตอนการจุ่มเคลือบแบบกะ (ก) Immersion (ข) Start up (ค) Deposition and Drainage (ง) Evaporation (จ) Drainage	16
2.8 ขั้นตอนการจุ่มเคลือบแบบต่อเนื่อง (ก) การจุ่มเคลือบอย่างต่อเนื่อง (ข) ขั้นขอบเขตของบริเวณที่ 3 ของรูป (ก)	16
3.1 ขั้นตอนการเตรียมโซล เจล	30
3.2 ขั้นตอนการเตรียมฟิล์มสำหรับการวิเคราะห์	30
3.3 เครื่องเคลือบฟิล์มแบบจุ่มที่สร้างขึ้น และการเคลือบฟิล์ม	31
3.4 กังหันน้ำชนิด (a) CTWW และ b) UTWW (c) ส่วนประกอบต่างๆ ของกังหันน้ำและติดตั้ง เครื่องมือสำหรับบำบัดน้ำเสีย (d) และ (e) อุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์สำหรับควบคุมกังหันน้ำ	34
4.1 รูปแบบการเลี้ยวเบนแผ่นรองเคลือบ (substrate) และฟิล์มบาง TiO_2 ที่อัตราการเคลือบต่างกัน คือ 0.02 0.12 และ 0.19 cm/s ที่จำนวนรอบในการเคลือบ 30 รอบ อุณหภูมิอบอ่อน 500°C อัตราส่วน TTIP:IPP ที่ 1:10	37

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 รูปแบบการเลี้ยวเบนแผ่นรองเคลือบ (substrate) และฟิล์มบาง TiO_2 ที่อัตราการเคลือบต่างกัน คือ 0.02 0.12 และ 0.19 cm/s ที่จำนวนรอบในการเคลือบ 10 รอบ อุณหภูมิอบอ่อน 500°C อัตราส่วน TTIP:IPP ที่ 1:10	38
4.3 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์แผ่นรองเคลือบ (substrate) และฟิล์มบาง TiO_2 ที่อัตราการเคลือบต่างกัน คือ 0.02 0.12 และ 0.19 cm/s ที่จำนวนรอบในการเคลือบ 5 รอบ อุณหภูมิอบอ่อน 500°C อัตราส่วน TTIP:IPP ที่ 1:10	38
4.4 ความเข้มของระนาบ A(101) ของฟิล์มบาง TiO_2 ที่อัตราการเคลือบต่างกัน คือ 0.02 0.12 และ 0.19 cm/s ที่จำนวนรอบในการเคลือบ 5 10 และ 30 รอบ อุณหภูมิอบอ่อน 500°C และอัตราส่วน TTIP:IPP ที่ 1:10	39
4.5 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของแผ่นรองเคลือบและฟิล์ม TiO_2 ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิในการอบอ่อนต่างกัน TTIP:IPP ที่ 1:10 จำนวนรอบในการเคลือบ 30 รอบ และอัตราเร็วในการจุ่มเคลือบ 0.12 cm/s	40
4.6 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ของแผ่นรองเคลือบและฟิล์ม TiO_2 ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิในการอบอ่อนต่างกัน TTIP:IPP ที่ 1:10 จำนวนรอบในการเคลือบ 10 รอบ และอัตราเร็วในการจุ่มเคลือบ 0.12 cm/s	40
4.7 ภาพถ่ายแผ่นรองเคลือบ (Substrate) และ ฟิล์มเคลือบไทเทเนียมออกไซด์ ที่เงื่อนไขการเคลือบด้วยอัตราเร็วต่างๆ และอุณหภูมิต่างกัน โดยอัตราส่วนในการเคลือบ TTIP:IPP ที่ 1:10 จำนวนรอบในการเคลือบ 10 รอบ	41
4.8 ภาพถ่ายโดยเทคนิค SEM ของแผ่นรองเคลือบ สแตนเลส (a) และ (b) ฟิล์มเคลือบไทเทเนียมออกไซด์ (c) และ (d) และฟิล์มเคลือบ TiO_2 (e) และ (f).	42
4.9 ภาพถ่ายโดยเทคนิค SEM ของฟิล์มเคลือบ TiO_2 ที่ด้วยอัตราการเคลือบ 0.12 cm/s TTIP:IPP ที่ 1:10 ที่จำนวนรอบ 10 รอบ ที่อุณหภูมิในการอบอ่อน คือ 500 และ 700 °C	44
4.10 สเปคตรัมการดูดกลืนของ MB ที่ผ่านกระบวนการจางสีภายใต้แสงอาทิตย์และกังหันน้ำที่อัตราเร็วรอบ 17 rev/min. (a) การจางสีของ MB สำหรับกังหันน้ำที่ไม่เคลือบ TiO_2 และ (b) การจางสีของ MB สำหรับกังหันน้ำที่เคลือบ TiO_2	46

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4. 11 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาว 664 nm ของ MB ที่ผ่านกระบวนการจางสี ภายใต้แสงอาทิตย์ที่เวลาต่างๆ ของกังหันน้ำที่ไม่ผ่านการเคลือบฟิล์ม TiO_2 : UTWW และกังหันน้ำที่ผ่านการเคลือบฟิล์ม TiO_2 : CTWW 47

4.12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดย CTWW กับ UTWW เมื่อผ่านการฉายแสงยูวี Black light bulk เป็นเวลา 24 hrs. 51

4.13 การเกิดกระบวนการเร่งปฏิกิริยาโดยแสง (Photocatalysis Reaction) 52

4.14 น้ำเสียชุมชนเริ่มต้นเทียบกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย CTWW ที่ระยะเวลาฉายแสงที่ 2 วัน 53

4.15 น้ำเสียชุมชนเริ่มต้นเทียบกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วย UTWW ที่ระยะเวลาฉายแสงที่ 2 วัน 54

4.16 ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของน้ำเสียชุมชนเปรียบเทียบกับน้ำเสียผ่านการบำบัดด้วย CTWW UTWW และน้ำกลั่น ที่ระยะเวลาฉายแสงที่ 2 วัน 55

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 หมู่ลิแกนด์ที่นิยมใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการโซล-เจล 11

2.2 ลักษณะของน้ำเสียจากอาคารประเภทต่างๆ 21

3.1 สารเคมีและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มและการตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆ 27

4.1 ค่าคุณลักษณะน้ำเสียจากชุมชนในแหล่งต่างๆ 48

4.2 ผลการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดย CTWW กับ UTWW เมื่อผ่านการฉายแสงยูวี Black light bulk เป็นเวลา 24 hrs 49

4.3 ประสิทธิภาพ และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชน โดย CTWW กับ UTWW เมื่อผ่านการฉายแสงยูวี Black light bulk เวลา 24 hrs. 50

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์และคำย่อ	คำอธิบาย
CTWW (Coated-TiO_2 water wheel)	กังหันน้ำที่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์
UTWW (Uncoated-TiO_2 water wheel)	กังหันน้ำที่ไม่เคลือบไทเทเนียมไดออกไซด์
Irradiation	การฉายแสง
IPP (Isopropanal)	ไอโซโพรพานอล
ineff	น้ำเสียเริ่มต้น
Photocatalysis process	กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง
pH	ความเป็นกรด – เบส
BOD (Biochemical oxygen demand)	ปริมาณของออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในเวลา 5 วัน
FOG (Fat, 0il and grease)	น้ำมันและไขมัน
TKN (Total nitrogen)	ไนโตรเจนทั้งหมด
DO (Dissolved oxygen)	ออกซิเจนละลายน้ำ
COD (Chemical oxygen demand)	ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้เพื่อออกซิเดชันสารอินทรีย์ในน้ำให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ
PO^{3-}_4 (phosphate)	ฟอสเฟต
MB (Methylene Blue)	เมทิลลีนบลู
SEM (Scanning electron microscopy)	เทคนิคการถ่ายภาพแบบใช้อิเล็กตรอนส่องกราด
TS (Total solids)	ค่าของแข็งทั้งหมด
TDS (Dissolved solids)	ของแข็งละลายน้ำ
TSS (Total suspended solids)	ของแข็งแขวนลอยรวม
TTIP (titanium tetraisopropoxide)	ไทเทเนียมเตตระไอโซโพรพอกไซด์
UV (ultra violet)	แสงเหนือม่วง