

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249193

รหัสโครงการ SUT7-715-53-24-16



รายงานการวิจัย

ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนสำหรับการบำบัดก๊าซมลพิษ

โดยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส

**TITANIUM DIOXIDE NANOTUBES FOR TREATMENT OF AIR
POLLUTION BY PHOTOCATALYSIS PROCESS**

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รหัสโครงการ SUT7-715-53-24-16



รายงานการวิจัย

ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนสำหรับการบำบัดก๊าซมลพิษ

โดยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส

**TITANIUM DIOXIDE NANOTUBES FOR TREATMENT OF AIR
POLLUTION BY PHOTOCATALYSIS PROCESS**

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. อภิชน วัชรินทร์วงศ์

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวศรัญญา ทองอุ่น

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ 2553 - 2554

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้
เงินสนับสนุนงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้าน
การดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณนางสาวศรีัญญา ทองอุ่น นักวิจัยร่วมที่ทุ่มเททำให้งานวิจัยนี้ประสบ
ความสำเร็จได้ด้วยดี

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีปีงบประมาณ
2553 - 2554

ดร. อภิชน วัชรนทร์วงศ์

อภิชน วัชรนทร์วงศ์: ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโนสำหรับการบำบัดก๊าซ
มลพิษ โดยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (TITANIUM DIOXIDE
NANOTUBES FOR TREATMENT OF AIR POLLUTION BY
PHOTOCATALYSIS PROCESS)

249193

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการนำกระบวนการโฟโตคะตะไลซิสมาประยุกต์ใช้ในการบำบัดมลพิษอากาศ โดยมลพิษอากาศส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซพิษอันตราย มีการศึกษาสองส่วน การศึกษาส่วนแรกเป็นการทดลองขยายพื้นที่ผิวของไทเทเนียมให้มีขนาดใหญ่ โดยสังเคราะห์แผ่นไทเทเนียมขนาดต่างกันคือ 1.00 2.25 4.00 และ 6.25 ตารางเซนติเมตร ด้วยกระบวนการแอโนไดเซชัน ซึ่งจากการวิเคราะห์โดยเทคนิค FESEM ได้พื้นผิวเป็นแบบท่อนาโนลักษณะคล้ายคลึงกัน จากนั้นทำการทดลองออกแบบจุดเชื่อมต่อหลังแผ่นไทเทเนียมต่างกัน 1 และ 2 จุด พบว่า การเชื่อมต่อ 1 จุด ทำให้ได้ออกไซด์เป็นท่อในระดับนาโนเมตรที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เล็กกว่าและเรียงตัวสม่ำเสมอว่าการเชื่อมต่อแบบ 2 จุด จึงเลือกใช้แผ่นไทเทเนียมขนาด 4 ตารางเซนติเมตร และการเชื่อมต่อแบบ 1 จุด เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการแอโนไดเซชันที่มีต่อลักษณะพื้นผิวของท่อนาโนได้ถูกศึกษา และพบว่าที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง ของการแอโนไดเซชันทำให้เกิดพื้นผิวไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สม่ำเสมอและให้ค่า Photocurrent density มากที่สุด คือ 0.044 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร การศึกษาส่วนที่สองเป็นศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำการศึกษาปัจจัย คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่สังเคราะห์ที่เวลาต่างกันคือ 1 3 และ 5 ชั่วโมง โดยมีการฉายแสงยูวีเอ พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดร้อยละ 25 32 และ 44 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ของกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้สมการแลงเมียร์ – ฮินเชลวูด ซึ่งสามารถคำนวณค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยา (k_p) เท่ากับ 0.4604 พีพีเอ็มต่อนาที และคำนวณค่าคงที่ของการดูดซับของแลงเมียร์ (K_L) เท่ากับ 0.0056 ต่อพีพีเอ็ม

APICHON WATCHARENWONG: TITANIUM DIOXIDE NANOTUBES FOR
TREATMENT OF AIR POLLUTION BY PHOTOCATALYSIS PROCESS

219193

This research is air pollution treatment by photocatalysis process. Air pollution has effect to environment and human health. This research focuses on the treatment of toxic gas “carbon monoxide”. The studies consist of two parts. Part 1: synthesis of titanium dioxide nanotubes to have a larger size of sample. Titanium plate with different size 1.00, 2.25, 4, and 6.25 cm² was used as substrate in anodization process. The morphology of TiO₂ nanotubes was quite similar as proved by Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM). Next experiment is the design of connection point with a titanium plate with one and two connection points. Result showed that one connection point give smaller oxide nanotubes diameter and more uniform than two connection point. 4 cm² titanium plate with one connection point was selected to use in the next experiment. Effect of anodization time on nanotubes morphology was studied; 5 hour anodization gave uniform surface of titanium dioxide and gave highest photocurrent density of 0.044 mA.cm⁻². Part 2: study of treatment efficiency of carbon monoxide by photocatalysis process using titanium dioxide as catalyst. Titanium dioxide nanotubes prepared with different anodization time 1, 3, and 5 hours with UVA irradiation was studied and found that the treatment efficiency was 25%, 32%, and 44% respectively. Moreover, the study of the kinetics parameters in photocatalysis by Langmuir - Hinshelwood equation was investigated. The reaction rate constant (k_r) was 0.4604 ppm per minutes and Langmuir adsorption constant (K_L) was 0.0056 per ppm.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	5
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	5
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	6
บทที่ 2 ปรีทศน์วัรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการแอนโนไดเซชัน (Anodization).....	7
2.2 กระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis).....	9
2.3 มลพิษอากาศ.....	10
2.4 การทบทวนวรรณกรรมและสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง.....	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา.....	15
3.2 การศึกษากระบวนการบำบัดก๊าซมลพิษด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส.....	17
3.3 การศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส.....	19
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล	
4.1 บทนำ.....	20
4.2 การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยา.....	20
4.3 การศึกษากระบวนการบำบัดก๊าซมลพิษด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส.....	36

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส.....	51
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลองสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ แบบท่อนาโน.....	61
5.2 สรุปผลการทดลองบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส.....	61
5.3 การศึกษาค่าจลนพลศาสตร์ในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส.....	63
5.4 ข้อเสนอแนะ.....	63
บรรณานุกรม.....	64
ประวัติผู้วิจัย.....	69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทดลองเพื่อหาสารละลายที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ ตัวเร่งปฏิกิริยา.....	16
ตารางที่ 4.1 ลักษณะพื้นผิวของไทเทเนียมไดออกไซด์จากการวิเคราะห์ ด้วยกล้อง FESEM.....	24
ตารางที่ 4.2 ลักษณะพื้นผิวของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีจุดเชื่อมต่อหลัง แผ่นไทเทเนียมต่างกัน.....	32
ตารางที่ 4.3 คำ Photocurrent density.....	36
ตารางที่ 4.4 สรุปผลการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระบวนการ โฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบท่อนาโน โดยใช้ถังปฏิกิริยาชนิดต่างๆ.....	48
ตารางที่ 4.5 ค่าจลนศาสตร์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นคาร์บอนมอนอกไซด์ที่แตกต่างกัน.....	53
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าจลนพลศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาอื่นๆ.....	57
ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบ $t_{1/2}$ และ t^* ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่แตกต่างกัน.....	60

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 เซลล์โครงสร้างหกเหลี่ยมของชั้นอะลูมิเนียมออกไซด์.....	7
รูปที่ 2.2 ลักษณะการเกิดไทเทเนียมแบบท่อนาโน.....	8
รูปที่ 2.2 ลักษณะการเกิดไทเทเนียมแบบท่อนาโน.....	8
รูปที่ 2.3 การเกิดอิเล็กตรอน (e ⁻) และที่ว่างของอิเล็กตรอน (Hole, h ⁺) ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส.....	10
รูปที่ 3.1 ลักษณะของกระบวนการแอนโนไดเซชัน.....	15
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างถึงปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสสำหรับบำบัดกำมะลพิษ.....	18
รูปที่ 4.1 แผ่นไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ได้รับการสังเคราะห์ โดยกระบวนการแอนโนไดเซชันขนาดต่างกัน.....	21
รูปที่ 4.2 ภาพถ่าย SEM ของแผ่นไทเทเนียมไดออกไซด์ขนาดต่างกัน.....	21
รูปที่ 4.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้า.....	22
รูปที่ 4.4 ภาพถ่าย SEM จากเครื่องรุ่น JSM-6400 ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ FESEM รุ่น JSM-6301F ที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.....	23
รูปที่ 4.5 พื้นผิวของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ได้จากการแอนโนไดเซชัน แผ่นไทเทเนียมมีขนาดต่างกัน ด้วยเทคนิค FESEM.....	31
รูปที่ 4.6 การทดลองแอนโนไดเซชันโดยออกแบบจุดเชื่อมต่อด้านหลังของ ไทเทเนียมต่างกัน.....	31
รูปที่ 4.7 ภาพถ่าย FESEM ของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่แอนโนไดเซชันในสารละลาย 0.30 M NH ₄ F, Glycerol: H ₂ O (60:40).....	33
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองหาค่า Photocurrent density ที่เกิดขึ้นบนแผ่นไทเทเนียมไดออกไซด์ แบบท่อนาโนที่สังเคราะห์ระยะเวลา 1 ชั่วโมง.....	34
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองหาค่า Photocurrent density ที่เกิดขึ้นบนแผ่นไทเทเนียม ไดออกไซด์แบบท่อนาโนที่สังเคราะห์ในระยะเวลาต่างกัน.....	35
รูปที่ 4.10 ชุดการทดลองและถึงปฏิกิริยาในการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส.....	37
รูปที่ 4.11 การบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แสงยูวีซี.....	38
รูปที่ 4.12 ถึงปฏิกิริยาที่ทำจากโพลแก้ว.....	39

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.13 ผลของการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงยูวีซี และยูวีเอ.....	39
รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบผลการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยมีการฉายแสงยูวีซี ที่ระยะเวลาในการเอ โน ไคเซชันต่างกันคือ 3 และ 5 ชั่วโมง.....	40
รูปที่ 4.15 ผลการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ของตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีพื้นที่ผิวขนาด 40 ตารางเซนติเมตร โดยมีการฉายแสงยูวีซี.....	41
รูปที่ 4.16 การทดลองในการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์โดยการฉายแสงยูวีเอ โดยมีพื้นที่ผิวไททาเนียมไดออกไซด์ต่างกัน คือ 4 และ 20 ตารางเซนติเมตร.....	42
รูปที่ 4.17 ถึงปฏิกิริยาที่ทำจากปืบเหล็กเคลือบดีบุก.....	43
รูปที่ 4.18 ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กับเวลา โดยการฉายแสงยูวีเอ โดยใช้ปืบเหล็กเคลือบดีบุกเป็นถึงปฏิกิริยา.....	44
รูปที่ 4.19 ผลการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้โถกรองเป็นถึงปฏิกิริยา.....	46
รูปที่ 4.20 ชุดการทดลองบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์.....	47
รูปที่ 4.21 ผลการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้ถังปฏิกิริยาเป็น โถกรอง ที่มีการหล่อน้ำควบคุมอุณหภูมิ.....	49
รูปที่ 4.22 การบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไทเทเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ที่เวลาต่างกัน คือ 1 3 และ 5 ชั่วโมง.....	50
รูปที่ 4.23 ประสิทธิภาพในการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้น ของคาร์บอนมอนอกไซด์ต่างกัน.....	52
รูปที่ 4.24 การบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส ที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ 1 เทียม (Pseudo first-order).....	54
รูปที่ 4.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_0$ และค่า $1/r_0$	56
รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา ช่วงแรก (r_0) จากการคำนวณตามสมการ Langmuir-Hinshelwood และจากสมการ Pseudo first-order.....	57
รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาครึ่งชีวิตและความเข้มข้นเริ่มต้น ของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์.....	60