ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249198

รหัสโครงการ SUT7-715-53-12-37

รายงานการวิจัย

การใช้ทังสเตนไตรออกไซด์ในการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส

(Using of WO_3 in photocatalytic treatment of carbon monoxide)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

b00250953

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249198

รหัสโครงการ SUT7-715-53-12-37

รายงานการวิจัย

การใช้ทังสเตนไตรออกไซด์ในการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส

(Using of WO_3 in photocatalytic treatment of carbon monoxide)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ดร.อภิชน วัชเรนทร์วงศ์

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวอานันท์ปภา ชื่นทรัพย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2553

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2555

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่ให้เงินสนับสนุนงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดียิ่ง

ขอขอบพระคุณนางสาวอานันท์ปภา ชื่นทรัพย์ นักวิจัยร่วมที่ทุ่มเททำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2553 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ดร. อภิชน วัชเรนทร์วงศ์

บทคัดย่อ

249198

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์คือหนึ่งในมลพิษทางอากาศที่มีความเป็นพิษอย่างรุนแรง ซึ่งสามารถย่อยสลายได้ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส โดยใช้ทังสเตนไตรออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การศึกษาในครั้งนี้ทังสเตนไตรออกไซด์จะถูกเตรียมด้วยวิธีแอโนไดเซชัน ซึ่งก่อให้เกิดชั้นออกไซด์บนพื้นผิวของวัสดุปลูกทังสเตนในสารละลายกัดกร่อน และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวทังสเตนไตรออกไซด์ที่เกิดขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างพรุนขนาดนาโนเมตร โดยศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ (1 2 4 และ 6 ชั่วโมง) พบว่าเมื่อสังเคราะห์ในสารละลายนำไฟฟ้าโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 0.15 โมลาร์ ที่ความต่างศักย์ 45 โวลต์ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้ได้ทังสเตนไตรออกไซด์ที่มีลักษณะโครงสร้างพรุนขนาดนาโนเมตร ไม่เพียงแต่มีความสามารถในการตอบสนองปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีแสงได้ถึง 0.103 มิลลิแอมป์แปร์ต่อตารางเซนติเมตร แต่ยังมีศักยภาพในการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ถึง 45 % เมื่อใช้แสงยูวีเอ และ 31% เมื่อใช้แสงวิสิเบิล นอกจากนั้นค่าจลนพลศาสตร์ยังถูกนำมาใช้ในการอธิบายการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ค่าความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยใช้สมการแลงเมียร์-ฮินเซลวูด พบว่ามีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 0.759 พีพีเอ็มต่อนาที และค่าคงที่ของการดูดซับของสมการแลงเมียร์เท่ากับ 0.0079 ต่อพีพีเอ็ม การศึกษาในครั้งนี้แม้จะยังไม่ได้มีการปรับปรุงสภาพทังสเตนไตรออกไซด์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ก็ยังคงมีความสามารถในการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาต่อไป เพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส

Abstract

249198

Carbon monoxide is one of the most acutely toxic air pollution which can be decomposed by photocatalytic process using WO_3 catalyst. In the study, WO_3 was prepared by anodization technique. Oxide layers were grown on W foil substrates in corrosive media. The morphologies of nanoporous WO_3 structures were characterized by scanning electron microscope (SEM). Then, the effects of anodization times (1, 2, 4 and 6 h) were investigated. The result revealed that nanoporous WO_3 films grown in 0.15 M NaF electrolyte for 2 h at 45 V not only yield a good photoelectrochemical response of 0.103 $mA \cdot cm^{-2}$, but also yield a good performance in degradation of carbon monoxide up to 45% by UVA and 31% by visible light. In addition, kinetics parameters are presented from the data on variant carbon monoxide concentrations and analyzed within the framework of the Langmuir–Hinshelwood model. The reactivity constant is 0.759 ppm min^{-1} and Langmuir adsorption constant is 0.0079 ppm^{-1}. This study indicated that even using unmodified WO_3 film, photocatalytic degradation of carbon monoxide can achieved. Thus further development of WO_3 to have more performance in photocatalytic activity should be studied.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญภาพ ..... ซ

1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 3
1.3 ขอบเขตการศึกษา 3
1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อ 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 5
2.2 กระบวนการโฟโตคะตะไลซิส 5
2.2.1 การดูดติดผิว 7
2.2.2 การฉายแสง 7
2.2.3 กลไกลของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 8
2.3 กระบวนการแอโนไดเซชัน 9
2.4 การทบทวนวรรณกรรม 10

3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย 13
3.2 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 13
3.3 การสังเคราะห์ตัวเร่งปฏิกิริยาทังสเตนไตรออกไซด์ 14
3.4 วิธีการศึกษาการตอบสนองปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีแสง 17
3.5 การศึกษาปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.1 ชุดการทดลองโฟโตคะตะไลซิส 19
3.5.2 วิธีการศึกษาปฏิกิริยาโฟโตไลซิสในการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 20
3.5.3 วิธีการศึกษาผลของระยะเวลาในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ที่มีต่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 20
3.5.4 วิธีการศึกษาผลของแหล่งกำเนิดแสงที่มีต่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 22
3.5.5 วิธีการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 23
3.5.6 วิธีการศึกษาผลของจำนวนรอบที่ใช้ซ้ำของทังสเตนไตรออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 23
3.6 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง 25
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
4.1 การสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน 27
4.1.1 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวออกไซด์ 27
4.1.2 วิเคราะห์การตอบสนองปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีแสง 28
4.2 ปฏิกิริยาโฟโตไลซิสเพื่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 31
4.3 การศึกษาผลของระยะเวลาในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ที่มีต่อการบำบัดคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 32
4.4 การศึกษาผลของแหล่งกำเนิดแสงที่มีต่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 34
4.5 การศึกษาผลของจำนวนรอบที่ใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยาทังสเตนไตรออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยา โฟโตคะตะไลซิส 35
4.6 ค่าจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพื่อการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยสมการแลงเมียร์-ฮินเชลวูด 36
5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการศึกษา 44
5.1.1 สรุปผลการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน 44

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.2 สรุปผลการศึกษาปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพื่อการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้ทังสเตนไตรออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา 44
5.1.3 สรุปผลค่าจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพื่อการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยสมการแลงเมียร์-ฮินเชลวูด 45
5.2 ข้อเสนอแนะ 45
บรรณานุกรม 47
ประวัติผู้วิจัย 51

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 สภาวะการทดลองกระบวนการแอโนไดเซชัน 17
ตารางที่ 3.2 สภาวะการศึกษาผลของระยะเวลาในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ที่มีต่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 21
ตารางที่ 3.3 สภาวะการศึกษาผลของแหล่งกำเนิดแสงที่มีต่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 23
ตารางที่ 3.4 สภาวะการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 24
ตารางที่ 3.5 วิธีการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของทังสเตนไตรออกไซด์ ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน และการตรวจวัดมลพิษอากาศ 26
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์การตอบสนองปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีแสงเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าในสารละลายโซเดียมซัลเฟตความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ที่ 1.2 โวลต์ 30
ตารางที่ 4.2 ค่าจลนพลศาสตร์ที่ความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่แตกต่างกัน 38
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าจลนพลศาสตร์ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้กับการศึกษาอื่นๆ 39
ตารางที่ 4.4 ค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 40
ตารางที่ 4.5 สภาวะการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 41

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 กระบวนการโฟโตคะตะไลซิสเมื่อมีการฉายแสงลงบนอนุภาคตัวกลาง 6

รูปที่ 2.2 ค่าช่องว่างของพลังงานของตัวกลางชนิดต่าง ๆ ที่พีเอช 1 7

รูปที่ 2.3 โครงสร้างหกเหลี่ยมของชั้นอะลูมิเนียมออกไซด์ 10

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 14

รูปที่ 3.2 ลักษณะการทดลองกระบวนการแอโนไดเซชัน 15

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย
วิธีแอโนไดเซชัน 16

รูปที่ 3.4 ลักษณะการทดลองการตอบสนองปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีแสง 18

รูปที่ 3.5 ชุดการทดลองโฟโตคะตะไลซิส 19

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการศึกษาปฏิกิริยาโฟโตไลซิสในการบำบัดก๊าคาร์บอนมอนอกไซด์ 20

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการศึกษาผลของระยะเวลาในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ที่มีต่อการ
บำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 21

รูปที่ 3.8 ขั้นตอนวิธีการศึกษาผลของแหล่งกำเนิดแสงที่มีต่อการบำบัด
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 22

รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์
ที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 24

รูปที่ 3.10 ขั้นตอนวิธีการศึกษาผลของจำนวนรอบที่ใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยา
ทังสเตนไตรออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซ
คาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 25

รูปที่ 4.1 ภาพถ่าย SEM ของพื้นผิวทังสเตนไตรออกไซด์ผ่านการแอโนไดเซชัน
ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ 0.15 โมลาร์ ที่ 45 โวลต์
เป็นเวลา; ก) 1 ข) 2 ค) 4 และ ง) 6 ชั่วโมง 29

รูปที่ 4.2 ค่า Photocurrent density ที่เกิดจากทังสเตนไตรออกไซด์ที่ผ่านการแอโนไดเซชัน
ในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ความเข้มข้น 0.15 โมลาร์ ที่ 45 โวลต์
เป็นเวลา; ก) 1 ข) 2 ค) 4 และ ง) 6 ชั่วโมง 30

รูปที่ 4.3 ปฏิกิริยาโฟโตไลซิสเพื่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 32

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.4 ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพื่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้ทังสเตนไตรออกไซด์ที่ถูกเตรียมด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน 1 2 4 และ 6 ชั่วโมง 33

รูปที่ 4.5 ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพื่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยใช้แหล่งกำเนิดที่แตกต่างกัน 35

รูปที่ 4.6 ผลของจำนวนรอบที่ใช้ซ้ำของตัวเร่งปฏิกิริยาทังสเตนไตรออกไซด์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 36

รูปที่ 4.7 ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสเพื่อการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์โดยกำหนดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่แตกต่างกัน 50 100 200 300 400 และ 500 พีพีเอ็ม 37

รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ln ($[CO]_0/[CO]$) และระยะเวลาฉายแสงในการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน 38

รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $1/C_0$ และค่า $1/r_0$ 40

รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ออัตราการย่อยสลายปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส 41

รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาครึ่งชีวิตของปฏิกิริยา 43