บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากการพัฒนาที่มุ่งเน้นการเพิ่มสมรรถนะ และขีดความสามารถในการแข่งขันระหว่างประเทศต่างๆ ทั่วโลกตามกระแสโลกาภิวัตน์ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ระบบเศรษฐกิจ และสังคมต่อประเทศไทยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และโครงสร้างประชากรที่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนรูปแบบค่านิยมทางความเชื่อ และพฤติกรรมการบริโภคสินค้าฟุ่มเฟือยที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรวดเร็ว ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศทั้งภายใน และภายนอกอาคาร ที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การปลดปล่อยก๊าซพิษจากรถยนต์ รถจักรยานยนต์ และโรงงานอุตสาหกรรม โดยเมื่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ หรือเครื่องจักรกลลดลง จะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ได้ก๊าซพิษปลดปล่อยออกมาทางท่อไอเสีย ซึ่งล้วนเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide, CO) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ โดยเมื่อหายใจเข้าไปในร่างกาย จะไปรวมตัวกับเฮโมโกลบิน (Haemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าออกซิเจน 200-250 เท่า เกิดเป็นคาร์บอกซีเฮโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin, COHb) ซึ่งจะลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน หมดสติ และอาจถึงตายได้ ในกรณีที่ได้รับก๊าซพิษเข้าไปในปริมาณมาก จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมก่อนปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ (ศิริกัลยา, 2542; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2550)

เทคโนโลยีการดัดแปลงสภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิง และการบำบัดไอเสียจึงถูกนำมาใช้ในการควบคุมก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเกิดขึ้นได้จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารประกอบคาร์บอน โดยวิธีที่ได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และถูกนำมาพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ วิธีคะตะไลติกคอนเวอร์เตอร์ (Catalytic converter) ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยให้การออกซิเดชัน (Oxidation) ของไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon, HC) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO_2) และน้ำ ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยจะต้องควบคุมให้มีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ อัตราการไหลคงที่ และตัวทำปฏิกิริยาต้องมีความเข้มข้นสม่ำเสมอ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543) แต่อย่างไรก็ตามด้วยปัจจัยหลายอย่างที่ต้องควบคุม ทำให้มีข้อจำกัดจำนวนมากที่ทำให้ไม่สามารถควบคุมสภาพการเผาไหม้ได้ตั้งแต่ต้นทางของการเกิดมลพิษ

กระบวนการโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis process) จึงถือเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีทางเลือกที่ถูกนำมาพิจารณา ซึ่งมีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย เพื่อนำมาใช้ในการบำบัดมลพิษทางอากาศ

กระบวนการโฟโตคะตะไลซิสเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีออกซิเดชันขั้นสูง (Advance oxidation technology) (Litter, 1999) มีหลักการเบื้องต้นคือ เมื่อมีการกระตุ้นปฏิกิริยาโดยการฉายแสงไปที่ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และรีดักชันได้อย่างรวดเร็ว (Fujishima *et al.*, 2000) ซึ่งสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของสาร จากที่มีความเป็นพิษให้เกิดเป็นสารใหม่ที่มีความเป็นพิษน้อยลง หรือไม่มีความเป็นพิษเลย โดยสามารถนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์เกี่ยวกับงานด้านการกำจัดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิสจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่หนึ่งพลังงานแสง ซึ่งต้องมีพลังงานมากพอที่จะกระตุ้นให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอน (Electron, e^-) ออกมา โดยส่วนใหญ่จะศึกษาโดยใช้พลังงานแสงที่อยู่ในช่วงยูวี (Ultraviolet, UV) ต่อมาเริ่มมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาให้สามารถนำมาใช้กับพลังงานแสงในช่วงวิสิเบิล (Visible) ด้วย เนื่องจากเป็นส่วนประกอบของแสงอาทิตย์มากถึง 46 % ซึ่งมากกว่าแสงยูวีที่มีเพียงแค่ 4% เท่านั้น โดยแสงอาทิตย์มีข้อดีมากมาย เช่น เป็นพลังงานทดแทนประเภทหมุนเวียนที่ใช้แล้วเกิดขึ้นใหม่ได้ตามธรรมชาติ ปราศจากมลพิษ และมีศักยภาพสูง (Hamilton *et al.*, 2008) ส่วนที่สองคือตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ที่สามารถปล่อยอิเล็กตรอนออกมา เมื่อมีพลังงานมากระตุ้น โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่นิยมใช้ในการศึกษามีมากมาย ยกตัวอย่างเช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide, TiO_2) ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) แคดเมียมซัลไฟด์ (Cadmium sulfide, CdS) และทังสเตนไตรออกไซด์ (Tungsten trioxide, WO_3) (Herrmann *et al.*, 1999) เป็นต้น

ทังสเตนไตรออกไซด์เป็นสารกึ่งตัวนำที่สำคัญ มีคุณสมบัติเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิสคล้ายกับไทเทเนียมไดออกไซด์ แต่มีความสามารถในการตอบสนองช่วงความยาวคลื่นแสงได้กว้างกว่า และครอบคลุมพลังงานแสงทั้งในช่วงยูวี และช่วงวิสิเบิล ซึ่งที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ด้วยกันหลายวิธี เช่น โซเจล (So-gel) (Patraa *et al.*, 2004) การระเหยด้วยความร้อน (Thermal evaporation) (Antonaia *et al.*, 2001) และการแอโนไดเซชัน (Anodization) (Tsuchiya *et al.*, 2005; Tacconi *et al.*, 2006; Guo *et al.*, 2007; Watcharenwong *et al.*, 2008) เป็นต้น ซึ่งในบรรดาวิธีการเหล่านี้จะใช้เทคนิคในการสังเคราะห์สารกึ่งตัวนำที่แตกต่างกันออกไป โดยทังสเตนไตรออกไซด์ที่ถูกเตรียมด้วยวิธีการแอโนไดเซชันได้ถูกรายงานออกมาเป็นครั้งแรกโดย Grimes *et al.* (2003) ซึ่งใช้ทังสเตน (Tungsten, W) เป็นวัสดุปลูก (Substrate) ทดลองในสารละลายนำไฟฟ้ากรดออกซาลิก (Oxalic acid) โดยใช้หลักการของเซลล์เคมีไฟฟ้า (Electrodechemical cell) เพื่อก่อให้เกิดสารกึ่งตัวนำที่มีชั้นออกไซด์เกิดขึ้นบนพื้นผิว

ของโลหะที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างพรุนขนาดนาโนเมตร (Nanoprous) ที่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอได้ดี ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และไม่ต้องใช้ความร้อนสูง (Oishi and Matsubara, 2000)

ดังนั้นเพื่อเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีในการบำบัดมลพิษอากาศ โดยการประยุกต์ใช้กระบวนการโฟโตคะตะไลซิส การศึกษาในครั้งนี้จึงนำทังสเตนไตรออกไซด์ที่ผ่านการสังเคราะห์ด้วยวิธีการแอโนไดเซชัน จนมีคุณลักษณะเป็นโครงสร้างพรุนขนาดนาโนเมตรมาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศที่สำคัญ เนื่องจากเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ (ตัวเร่งปฏิกิริยาทังสเตนไตรออกไซด์ แหล่งกำเนิดแสง และความเข้มข้นเริ่มต้นต่างๆ กันของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์)ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิสโดยใช้ทังสเตนไตรออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 การศึกษาลักษณะโครงสร้างของทังสเตนไตรออกไซด์ หลังผ่านกระบวนการแอโนไดเซชันที่ค่าความต่างศักย์ 45 โวลต์ โดยศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ที่ 1 2 4 และ 6 ชั่วโมง เพื่อตรวจสอบลักษณะพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Field emission scanning electron microscope, FESEM) และวิเคราะห์การตอบสนองปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีแสง (Photoelectrochemistry)

1.3.2 ก๊าซมลพิษที่ใช้ในการศึกษาเป็นก๊าซมลพิษมาตรฐานที่ได้จากตัวแทนจำหน่าย ซึ่งเป็นก๊าซผสมที่ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยศึกษาการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิสด้วยแหล่งกำเนิดแสงยูวีเอชนิด Mercury lamp ขนาด 250 วัตต์ ที่ความยาวคลื่น 365 นาโนเมตร และแสงวิสิเบิลชนิด Halogen lamp ขนาด 150 วัตต์ ที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 400 นาโนเมตร โดยทำการทดลองซ้ำอย่างละ 2 ซ้ำในทุกการทดลองที่อุณหภูมิห้อง แล้วหาค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ และสรุปผลการศึกษา

1.3.3 การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ตลอดการทดลองจะใช้เครื่องวิเคราะห์ก๊าซมลพิษ (Gas analyzer, Testo 950) ที่ผ่านทำการสอบเทียบ (Calibration) แล้วก่อนการเริ่มต้นใช้งาน

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัยโดยย่อ

ดำเนินการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน เพื่อวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวออกไซด์ที่เกิดขึ้น แล้วนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส โดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่

เกิดจากผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ถูกเตรียมที่ระยะเวลาที่แตกต่างกัน (1 2 4 และ 6 ชั่วโมง) แหล่งกำเนิดแสง (ยูวีเอ และวิสิเบิล) และค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (50 100 200 300 400 และ 500 พีพีเอ็ม) เป็นต้น รวมทั้งศึกษาค่าจลนพลศาสตร์โดยใช้สมการแลงเมียร์-ฮินเชลวูดในการอธิบายการย่อยสลายก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจวิธีการสังเคราะห์ทังสเตนไตรออกไซด์ด้วยวิธีแอโนไดเซชัน เพื่อนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส

1.5.2 ทราบค่าจลนพลศาสตร์จากสมการแลงเมียร์-ฮินเชลวูดของการบำบัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์เพื่อการบำบัดมลพิษอากาศด้วยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส