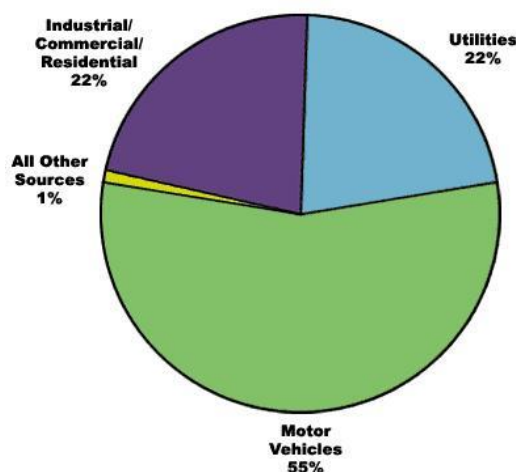


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติความเป็นมา/เหตุปัจจัย

ในปัจจุบันการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นทุกปีตามการเจริญเติบโตของสังคมโลก การพัฒนาที่เน้นเพื่อ
การเพิ่มสมรรถนะและความสามารถในการแข่งขันกันระหว่างประเทศต่างๆทั่วโลก ส่งผลทำให้มีการ
ใช้พลังงานมากขึ้น โดยพลังงานหลักคือ พลังงานฟอสซิลที่ได้มาจาก น้ำมัน ถ่านหิน และแก๊ส
ธรรมชาติ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อตอบสนองความต้องการของสังคมโลก ส่งผลทำให้เกิด
แก๊สเรือนกระจกและมลพิษมากมายสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ
ของมนุษย์ เช่น แก๊สพิษจากการจราจรบนท้องถนน การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม
และการเผาไหม้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นต้นเหตุของการกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญทั้งสิ้น โดย
มลพิษหลักที่เกิดจากการเผาไหม้ จะได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊สออกไซด์ของ
ไนโตรเจน (NO_x) สารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) และฝุ่นละออง มลพิษเหล่านี้นอกจากจะ
ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งและระบบทางเดินหายใจ โดยเฉพาะกลุ่ม
ออกไซด์ของไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ซึ่งพบว่า ส่วนมากมาจากไอเสียที่ปล่อยจากยานพาหนะใน
ภาคการคมนาคมขนส่งและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกิจกรรมต่างๆ แสดงดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ปล่อยสู่บรรยากาศ

ที่มา : National Science Foundation, 2557

ออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen Oxide, NO_x) เป็นกลุ่มแก๊สที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาและเป็นหนึ่งในแก๊สเรือนกระจก โดยชนิดของออกไซด์ของไนโตรเจน ได้แก่ N_2O , NO , NO_2 , N_2O_3 และ NO_3 ส่วนใหญ่เมื่อกล่าวถึงออกไซด์ของไนโตรเจนแล้วจะพิจารณาแก๊ส 2 ชนิด คือ NO และ NO_2 ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้น้ำมันจากยานพาหนะและการขนส่ง การได้รับแก๊ส NO_2 จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยแก๊ส NO_2 ในบรรยากาศจะถูกปล่อยจากการเผาไหม้โดยตรงและเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลของแก๊ส NO นอกจากนี้ ทั้งแก๊ส NO และ NO_2 ยังเป็นสารตั้งต้นของการเกิดสารมลพิษทุติยภูมิหลายชนิด เช่น แก๊สโอโซน (O_3) ในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ กรดไนตริก (HNO_3) และอนุภาคแขวนลอยในรูปของ ไนเตรต (Nitrate aerosol) ซึ่งก่อให้เกิดการตกสะสมของกรดเป็นสาเหตุของการกัดกร่อนและทำลายชั้นโอโซนอีกด้วย ทางกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป โดยกำหนดค่าเฉลี่ยแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ชั่วโมงจะต้องไม่เกิน 0.17 ppm (0.32 mg/m^3) เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน [กรมควบคุมมลพิษ, 2557]

การบำบัดมลพิษเพื่อลดปริมาณและความเป็นพิษลงนั้นต้องอาศัยกระบวนการที่ใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายสูง และเทคโนโลยีโฟโตแคทาไลซิสซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่ง ที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการบำบัดสารพิษทั้งในน้ำและในอากาศ เนื่องจากกระบวนการโฟโตแคทาไลซิสสามารถนำเอาพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ควบคู่กับโดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งมักจะเป็นพวกโลหะตัวนำและสารกึ่งตัวนำ เช่น ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เนื่องจากเป็นสารกึ่งตัวนำดังกล่าวไม่ละลายน้ำและมีเสถียรภาพสูง ราคาไม่แพงและไม่เป็นพิษและมีผลข้างเคียงต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและเป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดพลังงานในการเกิดปฏิกิริยา

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะแบ่งเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การลดมลพิษทั้งในน้ำและอากาศด้วยกระบวนการโฟโตแคทาลิซิสและการใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟในการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลดมลพิษทั้งในอากาศด้วยกระบวนการโฟโตแคทาลิซิส

ไททานเนียมไดออกไซด์เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยเฉพาะกระบวนการเร่งปฏิกิริยาแบบใช้แสง (Photocatalysis) โดยสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังตาราง 1.1

Huili Yu et al. (2007) ได้ศึกษาการสลายกลุ่มสารประกอบสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds ;VOCs) ภายในอาคาร โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็น Nano-TiO₂ และใช้ PTFE (polytetrafluoroethylene) เป็นซับสเตรต นอกจากนี้ยังศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อปฏิกิริยาโฟโตแคทาลิซิส พบว่า อัตราการสลายตัว (Volatile organic compounds ;VOCs) ขึ้นอยู่กับอัตราการไหล โดยอัตราการไหลที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.12 m/s และความเข้มของแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 0 -200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ปฏิกิริยาการสลายจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าความเข้มของแสงอาทิตย์มากกว่า 200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ จะเริ่มคงที่และยังพบว่า ความหนาของ TiO₂ มากกว่า 1 μm จะทำให้ปริมาณการสลายตัวของ VOCs ลดลง

อานันท์ปภา ชื่นทรัพย์. (2555) ศึกษาการบำบัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยกระบวนการโฟโตแคทาลิซิสโดยใช้ทั้งสแตนไดรออกไซด์ที่ถูกเตรียมด้วยวิธีแอโนไดเซชันเป็นสารกระตุ้นและใช้แสงยูวีเอจากหลอดฮาโลเจน ขนาด 250 วัตต์ และยูวีวีบีเปิดจากหลอดไอปรอท ขนาด 250 วัตต์ เป็นแหล่งให้พลังงานแสง ความเข้มข้นเริ่มต้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ 200 ppm โดยทำการทดสอบในโหลทรงปริมาตร 2 ลิตร ที่ใช้น้ำหล่อภายนอกเพื่อควบคุมอุณหภูมิชุดการทดสอบและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาทั้งสแตนไดรออกไซด์ที่เตรียมไว้ด้วยขนาดพื้นที่ 20 ตารางเซนติเมตร (จำนวน 5 แผ่น แผ่นละ 4 ตารางเซนติเมตร) ระยะเวลาที่แตกต่างกันคือ 1 2 4 และ 6 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า มีศักยภาพในการย่อยสลายแก๊ส CO ได้ถึง 45 % เมื่อใช้แสงยูวีเอ และ 31% เมื่อใช้แสงวีบีเปิด และจากการหาค่าจลนพลศาสตร์ พบว่ามีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 0.759 ppm/min และค่าคงที่การดูดซับที่สภาวะสมดุลเท่ากับ 0.0079 ppm⁻¹ และปัจจัยที่

สำคัญที่ควรพิจารณาในการบำบัด CO ในกระบวนการโฟโตแคทาลิซิส คือ พื้นที่ตัวเร่งปฏิกิริยา และแหล่งกำเนิดแสง

Haiqiang Wang et al. (2007) ศึกษากระบวนการโฟโตแคทาลิซิสในการย่อยสลายออกไซด์ของไนโตรเจนที่ค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 168 ppm โดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ผ่านวิธีการจุ่มเคลือบลงบนแผ่นกระจก พบว่ามีความสามารถในการย่อยสลายแก๊สไนตริกออกไซด์ให้กลายเป็นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ และกรดไนตริก โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดถึง 27% ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าตัวเร่งปฏิกิริยาจะเกิดการสะสมของกรดไนตริก และกรดไนตรัสบนพื้นผิวหน้าของไททาเนียมไดออกไซด์ เมื่อผ่านการใช้งานมาเป็นเวลานาน แต่จะสามารถคืนสภาพให้นำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยการล้างน้ำแล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 °C เป็นระยะเวลา 30 นาที นอกจากนั้นยังสามารถอธิบายผลกระทบที่เกิดจากค่าความเข้มข้นเริ่มต้นของมลพิษ โดยใช้สมการแลงเมียร์-ฮินเชลวูด พบว่ามีค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ $2.28 \times 10^{-4} \text{ mol/m}^2 \cdot \text{s}$ และมีค่าคงที่การดูดซับที่สภาวะสมดุลเท่ากับ $3.41 \times 10^2 \text{ m}^2/\text{mol}$

Anne Beeldens. (2006) ศึกษาภาพรวมของกระบวนการโฟโตแคทาลิซิสและนำไปประยุกต์ใช้ โดยการนำ TiO_2 จุ่มบนพื้นผิวคอนกรีต ซึ่งพบว่าให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับในห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดสอบบล็อกคอนกรีต 1 ชุด ที่เคลือบด้วย TiO_2 ด้วยการให้แสง ยูวีผ่านกระจกโปร่งใส ความเข้มข้นของ NO ในอากาศอยู่ที่ 1 ppm อัตราการไหล 3 L/min อุณหภูมิ 23 °C ค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 50% ความเข้มแสงอาทิตย์ 10 W/m^2 ช่วงความคลื่น 300-400 nm โดยทำการใช้ช่วงเวลาทดสอบอยู่ที่ 5 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงปฏิกิริยาการเปลี่ยนให้เป็น NO_3^- ลดลง แต่ถ้ายังอุณหภูมิสูงขึ้น NO_x จะถูกเปลี่ยนเป็น NO_3^- ได้ดีกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิมากกว่า 25 °C และพบว่าในระยะเวลา 1 ปีประสิทธิภาพการทำให้อากาศบริสุทธิ์จะลดลงถึง 20%

Meng Chen et al. (2011) ซึ่งศึกษาการสลายตัวของ NO_x ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วย NO และ NO_2 ด้วยกระบวนการโฟโตแคทาลิติกของ TiO_2 บนพื้นผิวคอนกรีต โดยงานวิจัยนี้ใช้ TiO_2 ผสมกับถ่านกัมมันต์และฉีดเคลือบบนผิวคอนกรีตแล้วประเมินความสามารถในการลดปริมาณของ NO_x พบว่าการสลายตัวของ NO_x เกี่ยวข้องกับความเข้มของแสงและอุณหภูมิ โดยที่ความเข้มแสงเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกัน

ข้ามยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาการสลาย NO_x จะลดลง โดยอัตราการสลาย NO จะสูงกว่า NO_2 และยังเกิด HNO_3 บนพื้นผิวของชั้นสเตรต

ตารางที่ 1.1 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการโฟโตแคทาลิซิส

สารที่ถูกกำจัด	ตัวเร่งปฏิกิริยา	ชั้นสเตรต	ผลที่ได้
VOCs	Nano- TiO_2	PTFE	- อัตราการไหลและความเข้มแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.12 m/s และ 0-200 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ตามลำดับ - ความหนาของ TiO_2 มากกว่า 1 μm จะทำให้การสลายของ VOCs ลดลง
CO	WO_3	-	- ศักยภาพในการย่อยสลายแก๊ส CO ได้ถึง 45 % เมื่อใช้แสงยูวีเอ และ 31% เมื่อใช้แสงยูวีบี - หาค่าจลนพลศาสตร์ พบว่ามีค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ 0.759 ppm/min และค่าคงที่การดูดซับที่สถานะสมดุลเท่ากับ 0.0079 ppm⁻¹
NO_x	TiO_2	แผ่นกระจก	- ประสิทธิภาพการย่อยสลาย NO_x สูง 27% - ค่าคงที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่ากับ $2.28 \times 10^{-4} \text{ mol}/\text{m}^3 \cdot \text{s}$ และมีค่าคงที่การดูดซับที่สถานะสมดุลเท่ากับ $3.41 \times 10^2 \text{ m}^3/\text{mol}$
NO_x	TiO_2	คอนกรีต 1 บล็อก	- อัตราการไหลและความเข้มแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมอยู่ที่ 3 L/min และ 10 W/m² ตามลำดับ - ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้น NO_x จะถูกเปลี่ยนเป็น NO_3^- ได้ดีกว่า โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ที่อุณหภูมิมากกว่า 25 °C
NO_x	TiO_2 ผสม ถ่านกัมมันต์	คอนกรีต	- ความเข้มแสงเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น - อุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการสลาย NO_x ลดลง

1.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ (Passive Sampling)

ในการหาปริมาณแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์

ชุดเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ (Passive sampling) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการตรวจวัดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ มีหลักการตรวจวัดโดยวิธีการดูดกลืนแสง โดยไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จะกลายเป็นไนไตรท์ไอออน (NO_2^-) เมื่อละลายน้ำแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายซอลท์มันน์จะให้สารย้อมสีอาโซ (Azo Dye) สีม่วงแดง ตรวจวัดความเข้มข้นของสีนี้ในสารละลายด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตริกที่ความยาวคลื่น 540 nm วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทดลองต่ำจึงมีการทดลองพัฒนาวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และมีความสะดวกในการนำไปใช้มากขึ้น

สุทธสา วงศ์ราช. (2553) ทำการพัฒนาชุดเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟในการตรวจวัด NO_2 เพื่อใช้ในชุมชนและนำไปเทียบกับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence) ณ สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมประชาสัมพันธ์ กรุงเทพฯ และกรมวิศวกรรมแพทย์ที่ 1 ราชบุรี โดยมีระยะการเก็บตัวอย่างครั้งละ 7 วัน พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยที่ได้เท่ากับ 22 ± 3.5 ppm และ 12 ± 1.1 ppm ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าต่ำกว่าวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนซ์เพียงเล็กน้อย

ภัสพร เกลิมรรณ. (2551) ได้ทำการพัฒนาอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยหลอดพอลิพรอพิลีน ซึ่งบรรจุกระดาษกรองแบบใยแก้ว (GF/A) ซุปตัวดูดซับ คือ 20% ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine ; TEA) แล้วทำการสกัดสารตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นและทำการฟอกสีด้วยสารละลายซอลท์มันน์ก่อนนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 540 nm และทำการทดสอบเปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐาน พบว่าค่าที่อ่านได้ถูกต้อง $64.9 \pm 10\%$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปริมาณ NO_2 ที่ได้จากชุดทดลองมีค่าใกล้เคียงเดียวกับค่าที่ได้จากเครื่องเคมีลูมิเนสเซนซ์

สมพร จันทระ. (2548) ได้ทำการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศโดยวิธีการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟโดยใช้ปั๊มดูดอากาศเข้าไปในเครื่องเคมีลูมิเนสเซนซ์ (Chemiluminescence) และวิธีการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ ซึ่งอาศัยการไหลอย่างอิสระของอากาศแพร่ผ่านไปยังอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศและเปรียบเทียบค่าที่ตรวจวัดได้จาก

ทั้งสองวิธี เทียบกับค่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษพบว่าปริมาณ NO_2 ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟมีทิศทางเดียวกับข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษและมีค่าใกล้เคียงกับวิธีการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ

สำหรับงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะใช้กระบวนการโฟโตแคทาลิซิสซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานจากรังสียูวีเอในการเกิดปฏิกิริยาซึ่งเป็นช่วงพลังงานของแสงอาทิตย์ ในการลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในแก๊สไอเสีย โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เคลือบบนแผ่นโพลีคาร์บอเนต และจะใช้วิธีใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เนื่องจากว่าเป็นวิธีที่สะดวกต่อการใช้งาน มีราคาถูก เคลื่อนที่ได้ง่าย และมีคุณภาพใกล้เคียงกับการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในแก๊สไอเสีย ได้แก่ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NO_2 อุณหภูมิที่ใช้อบ TiO_2 และจำนวนรอบของการเคลือบ TiO_2 บนแผ่นโพลีคาร์บอเนต
- 1.3.2 เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาโฟโตแคทาลิซิสในการลดออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในแก๊สไอเสียบนแผ่นโพลีคาร์บอเนตข้างต้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

- 1.4.1 ทราบถึงพารามิเตอร์ที่มีความเกี่ยวข้องต่อศักยภาพการลดปริมาณ NO_x ในกระบวนการโฟโตแคทาลิซิส
- 1.4.2 ทราบจลนพลศาสตร์ของการลดปริมาณ NO_x โดยใช้ TiO_2

1.5 ขอบเขตการวิจัย

- 1.5.1 ใช้เครื่องเคลือบโลหะออกไซด์โดยกระบวนการสปาร์คที่มีพื้นที่วางชิ้นงานที่ 8 cm x 10 cm ในการเคลือบ Nano- TiO_2 ที่ความเร็วของแผ่นวัสดุ 0.60 cm/s แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 34 °C และ 60 °C เป็นเวลานาน 30 นาที
- 1.5.2 แก๊สไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลชนิดไดเรคอินเจกชัน ขนาด 8 hp ที่ความเร็วรอบอยู่ที่ 1500 รอบ/นาที จะถูกนำมาศึกษาปริมาณมลพิษที่ลดลงในการทดลอง

1.5.3 แหล่งกำเนิดแสงยูวีจะมาจากหลอดยูวีขนาด 10 วัตต์ จำนวน 4 หลอด

1.5.4 จำนวนรอบในการเคลือบ TiO_2 บนแผ่นโพลีคาร์บอเนต อยู่ที่ 5 10 และ 20 รอบ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved