การดูดซับไอระเหยน้ำมันด้วยไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้า

ADSORPTION OF OIL VAPOR VIA TITANIUM DIOXIDE COATED COMMERCIAL GRADE AIR FILTER

นางสาวมณีรัตน์ ปิ่นมณี รหัสนิสิต 5836616๐

นางสาวอภัชญา สีคช รหัสนิสิต 5836634๔

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การดูดซับไอระเหยน้ำมันด้วยไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้า
ผู้จัดทำโครงงาน	นางสาวมณีรัตน์ ปิ่นมณี รหัสนิสิต 58366160
	นางสาวอภัชญา สีคช รหัสนิสิต 58366344
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ภมรรัตน์ จันธรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.ภมรรัตน์ จันธรรม)

.....กรรมการ

(ดร.วีรวรรณ วีรชัยพิเชษฐ์กุล)

.....กรรมการ

(ดร.สุชาดา อยู่แก้ว)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การดูดซับไอระเหยน้ำมันด้วยไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้า
ผู้จัดทำโครงงาน	นางสาวมณีรัตน์ ปิ่นมณี รหัส 58366160
	นางสาวอภัชญา สีคช รหัส 58366344
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ภมรรัตน์ จันธรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้าทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ แผ่นกรองอลูมิเนียม และแผ่นกรองคาร์บอน และศึกษาวิธีการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าทั้ง 2 วิธี ได้แก่ วิธีการเคลือบแบบพ่นเคลือบ (Air Spray Coating) และวิธีการเคลือบแบบจุ่มเคลือบ (Dip Coating) ที่มีผลต่อการยึดเกาะของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า และความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรองทางการค้าโดยใช้กระบวนการโฟโตคะตะไลติกในการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรอง โดยทำการทดลองการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ทั้งสองวิธีการเคลือบ โดยการต้มน้ำมันปาล์มให้เกิดไอระเหยน้ำมันที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียส ใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าในการปรับความเร็วลมที่ 9 โวลต์ (2.8 เมตรต่อวินาที) ภายใต้ระยะเวลาการทดลอง 180 นาที และทำการทดสอบการนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ โดยมีแหล่งกำเนิดแสงหลอดไฟยูวีซีในการเกิดกระบวนการโฟโตคะตะไลติกบนแผ่นกรองทางการค้า ภายใต้ระยะเวลาการทดลอง 120 นาที โดยที่ใช้ความเข้มข้นของไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ในสารละลายเอทานอล และน้ำปริมาตร 400 มิลลิลิตร ในการเคลือบแผ่นกรองอลูมิเนียมและแผ่นกรองคาร์บอน พบว่าแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นเคลือบมีประสิทธิภาพในการดูดซับไอระเหยน้ำมันได้ดีที่สุด และมีประสิทธิภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่ที่ดีที่สุด ซึ่งทำให้ทราบได้ว่าวิธีการเคลือบแบบพ่นเคลือบ และแผ่นกรองชนิดอลูมิเนียม เหมาะสมแก่การเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการกรองไอระเหยน้ำมันในอากาศ

Project Title	ADSORPTION OF OIL VAPOR VIA TITANIUM DIOXIDE COATED COMMERCIAL GRADE AIR FILTER
Author	Maneerat Pinmanee ID 58366160
	Aphatchaya Seekhot ID 58366344
Project Advisor	Dr. Pamornrat Chantam
Major	Chemical Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic Year	2561

Abstract

The objective of this research is to study the effect of titanium dioxide coating method of two types of commercial grade air filters i.e., aluminum air filter and carbon air filter on adhesion between titanium dioxide and commercial grade air filter. Two coating methods including air spray coating and dip coating were investigated. In addition, regeneration of commercial grade air filter after photocatalytic process was also studied. From the experiments, the adsorption of oil vapor on commercial grade air filter coated with different titanium dioxide coating methods was carried out by boiling palm oil until it vaporized at temperature of 330 degree Celsius with using voltage for adjusting wind velocity at 9 volts (meter per second) for the experimental time of 120 minutes. Moreover, the commercial grade air filter coated with titanium dioxide was regenerated by photocatalytic process from UVC lamp reacted on the commercial grade air filter for 2 hours at titanium dioxide concentration of 5 %W/V in ethanol solution of 400 ml. From the results, aluminium air filter coated with air spray coating method showed the best efficiency of oil vapor adsorption and regeneration. Therefore, it revealed that air spray coating method with aluminium air filter was suitable for enhancing the efficiency of oil vapor removal from air.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. ภมรรัตน์ จันธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านมีความกรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในระหว่างการวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบวิทยานิพนธ์ ดร.วีรวรรณ วีรชัยพิเชษฐ์กุล และดร.สุชาดา อยู่แก้ว ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์นี้ และให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณณิชนันทน์ ขวัญสูงเนิน ผู้ดูแลห้องปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ที่ให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์แลปต่างๆ ในการทำวิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาตร์ และศูนย์ปฏิบัติการวิทยาศาตร์ คณะวิทยาศาตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้ออำอวยสถานที่ตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้กำลังใจ และให้คำแนะนำการทำวิจัยนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจ จนทำให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

ผู้ดำเนินโครงงาน

นางสาวมณีรัตน์ ปิ่นมณี

นางสาวอภัชญา สีคช

เมษายน 2562

สารบัญ

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก
บทคัดย่อ.....ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....ง
สารบัญภาพ.....ช
สารบัญตาราง.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2
1.5 แผนการดำเนินงาน.....3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 ทฤษฎี.....4
2.1.1 ไททาเนียมไดออกไซด์.....4
2.1.2 โครงสร้างและสมบัติของผลึกไททาเนียมไดออกไซด์.....5
2.1.3 กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของไททาเนียมไดออกไซด์ (Photocatalytic).....6
2.1.4 เทคนิคการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์.....10
2.1.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผงโลหะออกไซด์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ ดิฟแฟรคชั่นเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์.....12
2.1.6 การศึกษาพื้นผิวของผงโลหะออกไซด์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แบบส่องกราด.....13
2.1.7 การวัดมุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact Angle Metter).....13
2.1.8 การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์.....16
2.1.9 การดูดซับ (Adsorption).....17
2.1.10 แผ่นกรองทางการค้า.....19
2.1.11 หลักการกรองอากาศ.....21
2.1.12 น้ำมันปาล์ม.....22
2.1.13 ระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงต่อน้ำมันปาล์ม.....23
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....26

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 29
3.1 สารเคมี 29
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน 29
3.3 การเตรียมสารละลายเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) 30
3.4 การเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนแผ่นกรองทางการค้า 31
3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ 32
3.6 กระบวนการทดสอบการดูดซับของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วย ไททาเนียมไดออกไซด์ 32

บทที่ 4 ผลการทดลอง 36
4.1 สร้างหน่วยการกรองอากาศแบบเคลื่อนที่ได้ 36
4.2 การเคลือบสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศด้วยวิธีจุ่มเคลือบ 37
4.3 การเคลือบสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศด้วยวิธีพ่นฝอย 41
4.4 การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวแผ่นกรองทางการค้า 44
4.5 ความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันและการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรอง ของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ 46
4.7 เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา 57

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 59
5.1 สรุปผลการทดลอง 59
5.2 ข้อเสนอแนะ 60

เอกสารอ้างอิง 61
ภาคผนวก 63
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 65

สารบัญภาพ

รูปที่ 1 การประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ 4
รูปที่ 2 โครงสร้างของไททาเนียมไดออกไซด์ 5
รูปที่ 3 การเกิด h^+ และ e^- เมื่อได้รับพลังงานแสง 7
รูปที่ 4 แสดงกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของไททาเนียมไดออกไซด์ 8
รูปที่ 5 พลังงานของไททาเนียมไดออกไซด์ที่สอดคล้องกับศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ 9
รูปที่ 6 แสดงกระบวนการจุ่มเคลือบ 11
รูปที่ 7 แผนภาพการทำงานของการพ่นเคลือบ 12
รูปที่ 8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 13
รูปที่ 9 แสดงเครื่องวัดมุมสัมผัส (CONTACT ANGLE METER) 14
รูปที่ 10 แสดงการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวของกระจก 14
รูปที่ 11 แสดงค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำ 15
รูปที่ 12 เครื่องมือ CROSS HATCH CUTTER 16
รูปที่ 13 ภาพระดับการยึดเกาะผิวฟิล์ม มาตรฐาน ASTM D3359 16
รูปที่ 14 หลักการกรองอากาศแบบต่างๆ 21
รูปที่ 15 หลักการกรองแบบเคมี 22
รูปที่ 16 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแสง 25
รูปที่ 17 หน่วยการกรองอากาศ 33
รูปที่ 18 การเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า 34
รูปที่ 19 แผนการทดลองการดูดซับไอระเหยน้ำมัน 35
รูปที่ 20 หน่วยการกรองอากาศแบบเคลื่อนที่ได้ 36
รูปที่ 21 SEM ของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ 37
รูปที่ 22 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองคาร์บอนโดยวิธีแบบจุ่มเคลือบ 38
รูปที่ 23 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองคาร์บอนหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ 39
รูปที่ 24 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นอลูมิเนียมโดยวิธีแบบจุ่มเคลือบ 39
รูปที่ 25 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ 40
รูปที่ 26 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองคาร์บอนโดยวิธีแบบพ่นเคลือบ 42
รูปที่ 27 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองคาร์บอนหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นเคลือบ 42
รูปที่ 28 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอลูมิเนียมโดยวิธีแบบพ่นเคลือบ 43
รูปที่ 29 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นเคลือบ 43
รูปที่ 30 การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวของ
แผ่นกรองทางการค้าโดยใช้มาตรฐาน ASTM D3359 45
รูปที่ 31 ระดับการหลุดของผิวเคลือบของวัสดุ ตามมาตรฐาน ASTM D3359 46

รูปที่ 32 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองคาร์บอนเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ 48
รูปที่ 33 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ.....48
รูปที่ 34 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นกรองคาร์บอนแบบจุ่มเคลือบ.....50
รูปที่ 35 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นอลูมิเนียมแบบจุ่มเคลือบ 50
รูปที่ 36 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองคาร์บอนเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอย.....52
รูปที่ 37 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอย.....54
รูปที่ 38 กราฟประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย.....54
รูปที่ 39 กราฟประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันของแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย.....55
รูปที่ 40 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นกรองคาร์บอนแบบพ่นฝอย.....56
รูปที่ 41 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย.....57
รูปที่ 42 ภาพถ่าย SEM ของ คอนกรีตที่ผสมกับTiO_2 (A) กับ
คอนกรีตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์แบบพ่นฝอย (B).....58
รูปที่ 43 การย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรอง.....64
รูปที่ 44 หลอดไฟยูวีซี.....64
รูปที่ 45 กระบวนการกรองไอระเหยน้ำมัน.....64
รูปที่ 46 การติดตั้งแผ่นกรองในหน่วยดูดซับ.....64

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน....3
ตารางที่ 2 สมบัติของไททาเนียมไดออกไซด์....6
ตารางที่ 3 สมบัติการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี....18
ตารางที่ 4 คุณสมบัติของแผ่นกรองชนิดต่างๆ....20
ตารางที่ 5 สเปกตรัมและพลังงานของแสง....24
ตารางที่ 6 ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ....40
ตารางที่ 7 ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอย....44
ตารางที่ 8 น้ำหนักแผ่นกรองที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการดูดซับและ
การย่อยสลายของวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ....47
ตารางที่ 9 น้ำหนักน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปในการดูดซับของวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ....49
ตารางที่ 10 น้ำหนักแผ่นกรองที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการดูดซับ
และการย่อยสลายของวิธีเคลือบแบบพ่นฝอย....51
ตารางที่ 11 น้ำหนักน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปในการดูดซับของวิธีเคลือบแบบพ่นฝอย....52

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานกลั่นน้ำมัน โรงงานประกอบชิ้นส่วนเหล็ก อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น มักเกิดปัญหาไอระเหยน้ำมัน ที่เกิดจากไอของสารระเหยติดตามท่อกรองอากาศ ไอของสารระเหยนี้เป็นปัญหาหลักที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และจากกระบวนการผลิตเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศในบรรยากาศ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและชุมชน เช่น โรคหอบหืด โรคหลอดลมอักเสบ และระคายเคืองในระบบหายใจ เป็นต้น รวมไปถึงปัญหาในการหยุดกระบวนการผลิตในโรงงานเพื่อทำการซ่อมบำรุงและทำความสะอาดท่อกรองอากาศที่มีไอระเหยน้ำมันติดอยู่ เพื่อรักษาความสะอาดและลดการสะสมของไอระเหยน้ำมันภายในโรงงานซึ่งในการหยุดกระบวนการผลิตนั้น ทำให้โรงงานเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการซ่อม ในปัจจุบันได้มีการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นสารดูดซับโดยใช้งานในด้านการบำบัดมลพิษทางอากาศและมลพิษทางน้ำ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารตัวดูดซับมลพิษ อีกทั้งไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อได้รับแสงและความร้อนจะสามารถกำจัดของเสียหรือมลพิษในน้ำและอากาศ และมีการค้นพบว่าไททาเนียมไดออกไซด์สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงเพียงใช้แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงได้ (สีหราช ลาภเกิน และคณะ, 2013) ในอุตสาหกรรมการฟอกอากาศได้นำไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบบนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการฟอกอากาศ อีกทั้งได้มีการศึกษาและพัฒนาสารเคลือบผิวไททาเนียมไดออกไซด์ระดับนาโนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านโฟโตคะตะไลติก ซึ่งมีงานวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟอกอากาศเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดโทลูอีนโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดสารโทลูอีนทุกความเข้มข้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงยูวี (พลอย สุจริตธรรม และคณะ, 2555)

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาการนำไททาเนียมไดออกไซด์มาเคลือบลงบนแผ่นกรองทางการค้าเพื่อใช้ศึกษาในการกรองไอระเหยน้ำมันและเพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาโดยใช้กระบวนการการเร่งปฏิกิริยาโดยใช้แสง (Photocatalytic) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชั่นขั้นสูง (Advanced Oxidation) ในการกำจัดมลพิษ โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดของแผ่นกรองทางการค้า วิธีการเคลือบที่มีผลต่อการยึดติดของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า ปริมาณไอระเหยน้ำมันที่แผ่นกรองสามารถกรองได้ อีกทั้งยังศึกษาความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรองที่ถูกเคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างหน่วยการกรองอากาศแบบเคลื่อนที่ได้

1.2.2 ศึกษาการเคลือบแบบจุ่มเคลือบและการเคลือบแบบพ่นฝอยที่มีผลต่อการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า

1.2.3 ศึกษาความสามารถการกรองไอระเหยน้ำมันความสามารถในนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรองทางการค้าโดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะไลติก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าด้วยวิธีจุ่มเคลือบและพ่นฝอย

1.3.2 แผ่นกรองทางการค้าที่ใช้คือ ชนิดแผ่นกรองคาร์บอน และแผ่นกรองอลูมิเนียม

1.3.3 น้ำมันที่ใช้ในการทดลองคือน้ำมันปาล์ม ตราหยก

1.3.4 ใช้หลอดไฟยูวีซี ในการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก

1.3.5 อุณหภูมิที่ใช้ระเหยน้ำมันพืชคือ 330 องศาเซลเซียส

1.3.6 พัดลมดูดอากาศที่ใช้ ขนาด 9 โวลต์ กระแสตรง 0.20 แอมป์

1.3.7 ขนาดแผ่นกรองที่ใช้ คือ 30×30 เซนติเมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนแผ่นกรองทางการค้าได้

1.4.2 สามารถสร้างหน่วยกรองอากาศที่สามารถใช้ในการทดลองได้

1.4.3 แผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์สามารถกรองไอระเหยน้ำมันและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 แผนการดำเนินงาน

ที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินงาน															
		เดือนธันวาคม				เดือนมกราคม				เดือนกุมภาพันธ์				เดือนมีนาคม			
		สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	รวบรวมสารเคมีและอุปกรณ์			←	—	→											
2	สร้างหน่วยดูดซับ					←	—	→									
3	เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์							←	—	→							
4	ทดสอบการดูดซับไอระเหยน้ำมัน											←	—	—	→		
5	สรุปผลการดำเนินงาน															←	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

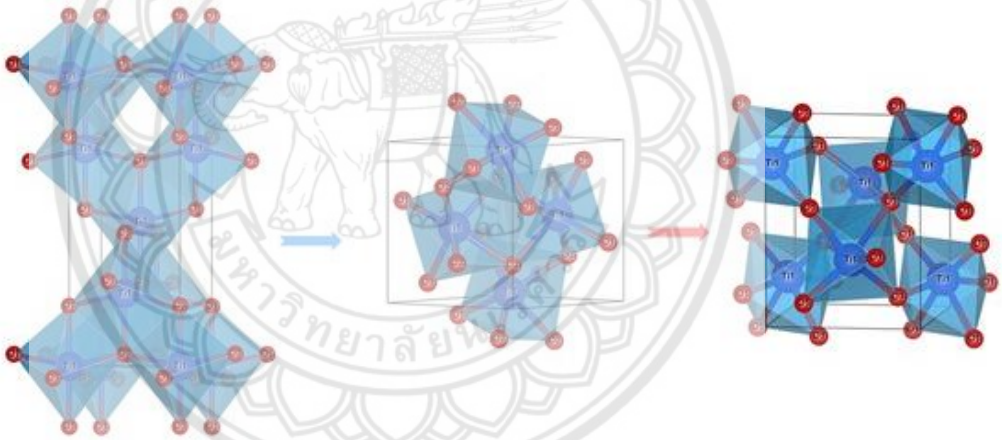
2.1.1 ไททาเนียมไดออกไซด์

ไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นสารประกอบออกไซด์ของโลหะไททาเนียมซึ่งอยู่ในกลุ่มโลหะทรานซิชันถูกค้นพบครั้งแรกในแร่อิลเมไนท์ เมื่อปี ค.ศ. 1791 โดยนาย Reverend William Gregor ซึ่งมีไททาเนียมไดออกไซด์ประมาณร้อยละ 44–70 หลายปีต่อมาถูกค้นพบอีกครั้งโดยนาย Heinrich Klaporth นักเคมีชาวเยอรมันพบในแร่รูไทล์ (Rutile) ซึ่งมีไททาเนียมไดออกไซด์มากถึงร้อยละ 96 นอกจากนี้แล้วไททาเนียมไดออกไซด์ยังสามารถพบได้ในแร่ลูโคซีน แร่อนาเทส แร่บรูคไคท์ แร่เพอร์รอฟสไคท์ และแร่สฟีน ไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับความสนใจอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เนื่องจากมีความเสถียรต่อสารเคมี ไม่มีความเป็นพิษ ราคาไม่แพง และสมบัติที่มีประโยชน์หลายอย่าง แสดงดังรูปที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งไททาเนียมไดออกไซด์ถูกนำมาใช้ในด้านการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานรูปแบบอื่น เช่น เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าในเซลล์แสงอาทิตย์ และเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมีในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ไททาเนียมไดออกไซด์จึงเป็นที่นิยมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สามารถย่อยสลายมลพิษและผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำความสะอาดด้วยตนเองซึ่งนำไปใช้ในการเคลือบสิ่งก่อสร้าง กระจกและรถยนต์ (จีราภรณ์ จันทร์ดำ, 2551)

รูปที่ 1 การประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์
ที่มา : ธรรมนูญ ศรีทะวงศ์, 2552

2.1.2 โครงสร้างและสมบัติของผลึกไททาเนียมไดออกไซด์

ลักษณะทางโครงสร้างของไททาเนียมไดออกซ์อยู่ในรูปแบบของผลึก 3 แบบ ดังรูปที่ 2 โครงสร้างแบบอนาเทส โครงสร้างแบบรูไทล์ และโครงสร้างแบบบรูคไคท์ ซึ่งแต่ละโครงสร้างจะเหมาะกับการใช้งานในด้านที่ต่างกันดังนี้ (ก) โครงสร้างแบบอนาเทสมีลักษณะโครงสร้างผลึกแบบเตตระโกนอล สามารถทำให้มีเสถียรภาพได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่ารูไทล์ผลึกชนิดนี้นิยมใช้ในกระบวนการฉายแสงขั้นสูง (ข) โครงสร้างแบบรูไทล์มีลักษณะโครงสร้างแบบเดียวกับอนาเทสสามารถทำให้มีเสถียรภาพได้ที่อุณหภูมิสูง ในอุตสาหกรรมจะใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ชนิดนี้เป็นส่วนใหญ่ เช่น โรงงานสีโรงงานเครื่องสำอาง โรงงานทำอาหารและบางครั้งพบในหินอัคนี (ค) โครงสร้างแบบบรูคไคต์เป็นผลึกที่พบในแร่เท่านั้นและมีโครงสร้างเป็นแบบออร์โธรอมบิค (Orthorhombic) ทั้งรูไทล์และอะนาเทส มีโครงสร้างเป็นแบบเตตระโกนอล (Tetragonal) ผลึกทั้งสองแบบถือว่าเป็นโครงสร้างที่พบได้ทั่วไปเพราะสามารถเกิดขึ้นได้ง่ายและยังเป็นที่นิยมใช้ในด้านการบำบัดน้ำเสีย (สัภฐวิชญ์ สาระพันธ์, 2559)



(ก) แบบเตตระโกนอล (ข) แบบเตตระโกนอล (ค) แบบออร์โธรอมบิค

รูปที่ 2 โครงสร้างของไททาเนียมไดออกไซด์
ที่มา: https://advanceseng.com สืบค้นเมื่อ 5/9/61

โครงสร้างผลึกของไททาเทียมไดออกไซด์จะมีอยู่หลายแบบดังที่กล่าวมาแล้ว แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างแบบอนาเทสถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงมากกว่าแบบรูไทล์และแบบบรูคไคท์ สาเหตุเนื่องมาจากการกลับมารวมตัวกันของอิเล็กตรอนกับช่องว่างอิเล็กตรอนเกิดได้ยากกว่าแบบรูไทล์ และแบบบรูคไคท์ แต่ในบาง

ปฏิกิริยาของกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงโครงสร้างผลึกแบบรูไทล์ หรือ โครงสร้างผลึกผสมระหว่างแบบอนาเทสและแบบรูไทล์ พบว่าให้ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงสูงกว่าโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสบริสุทธิ์ แต่ทั้งนี้ก็มีตัวแปรหลายอย่างที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของไททาเนียมไดออกไซด์ ได้แก่ พื้นที่ผิวจำเพาะ การกระจายตัวของรูพรุน ปริมาณรูพรุน ขนาดของอนุภาคผลึก แสดงดังตารางที่ 2 และที่สำคัญมาก คือ วิธีการที่ใช้ในการสังเคราะห์ผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์ (จิราภรณ์ ดำจันทร์, 2551)

ตารางที่ 2 สมบัติของไททาเนียมไดออกไซด์

สมบัติ	อนาเทส	รูไทล์	บรูคไคท์
โครงสร้างผลึก	เตตระโกนอล	เตตระโกนอล	ออร์โธรอมบิก
น้ำหนักโมเลกุล	79.890	79.890	79.890
ความหนาแน่น (g/cm^3)	3.795	4.134	3.993
ความถ่วงจำเพาะ	3.90-4.10	3.90-4.10	3.90-4.10
จุดหลอมเหลว (C°)	1,835	1,800-1,900	1,800-1,900
ค่าช่องว่างของแถบพลังงาน	3.20	3.02	2.96

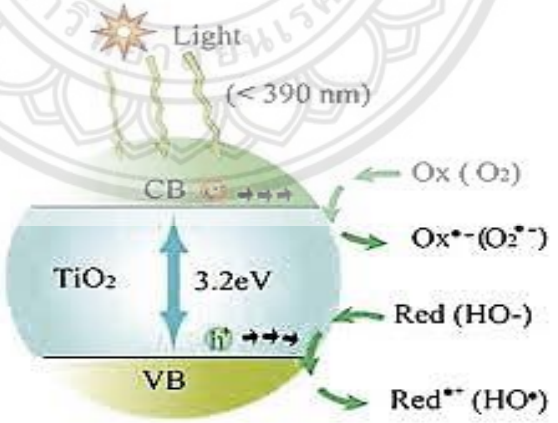
ที่มา : https://www.siamchemi.com สืบค้นเมื่อ 6/09/61

2.1.3 กระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของไททาเนียมไดออกไซด์ (Photocatalytic)

กระบวนการเร่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1796 ต่อมาในปี ค.ศ. 1836 บุคคลแรกที่ให้คำจำกัดความของคำว่าการเร่งปฏิกิริยาคือ Jöns Jacob Berzelius นักเคมีชาวสวีเดน จากนั้นได้มีการพัฒนาด้านการเร่งปฏิกิริยามาเรื่อยๆจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1972 Fujishima และ Honda นักวิจัยชาวญี่ปุ่นได้ศึกษากระบวนการแยกน้ำเพื่อผลิตก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจนด้วยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงโดยใช้อิเล็กโทรดที่ผลิตจากไททาเนียมไดออกไซด์ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เป็นจุดเริ่มต้นของการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงหลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1977 Frank และ Bard นักวิจัยชาวสหรัฐอเมริกาได้ผลิตงานวิจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมสะอาดโดยใช้กระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง ในการกำจัดไซยาไนด์ในน้ำโดยใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ ปัจจุบันประเทศต่างๆแถบยุโรป อเมริกา และเอเชียได้ศึกษาและพัฒนากระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับน้ำเสียซึ่งสามารถลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมได้ด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง (Rezaee et al., 2008)

ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงอย่างแพร่หลายด้วยเหตุผลหลายประการด้วยกันคือสามารถดูดซับแสงในช่วงแสงอัลตราไวโอเลตได้ดีและเป็นตัวดูดซับสารอินทรีย์

ที่ดีโครงสร้างของไททาเนียมไดออกไซด์เหมาะที่จะใช้ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารอินทรีย์ และปฏิกิริยารีดักชั่นของออกซิเจนในเวลาเดียวกัน และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงที่มีความสามารถสูงในปฏิกิริยาหลายประเภท มีความเสถียรทางเคมี ทนต่อการกัดกร่อนของแสงเมื่อสัมผัสอยู่กับน้ำ มีราคาค่อนข้างถูก และสามารถเตรียมรูปผลึกขนาดเล็กได้ง่าย ไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีขนาดอนุภาคในระดับนาโนเมตรจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะมาก เป็นข้อดีในการนำไปใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นมลพิษในน้ำจะดูดซับบนบริเวณพื้นผิวของไททาเนียมไดออกไซด์ได้ในปริมาณมาก ทำให้เกิดกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงได้ดีกว่าไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะต่ำ สำหรับโครงสร้างผลึกก็เป็นส่วนที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงเกิดขึ้นได้ดี โดยไททาเนียมไดออกไซด์จะมีโครงสร้างผลึกที่สำคัญ 3 แบบ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นคือ แบบอนาเทส แบบรูไทล์ และแบบบรูคไคท์ ไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างแบบอนาเทสและรูไทล์ซึ่งมีสมบัติทางเคมีที่สามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalytic) เมื่อไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับพลังงานแสงในช่วงพลังงานแสงอัลตราไวโอเลตในช่วงความยาวคลื่นที่น้อยกว่า 390 นาโนเมตร ซึ่งพลังงานในช่วงดังกล่าวสูงกว่าแถบพลังงานต้องห้าม (Band Gap Energy) โดยสารกึ่งตัวนำไททาเนียมไดออกไซด์จะดูดกลืนพลังงานเท่ากับช่องว่างพลังงาน (Energy Gap) ทำให้อิเล็กตรอนในแถบเวเลนซ์ถูกกระตุ้นไปสู่แถบการนำ (Conduction Band) ส่งผลให้มีอิเล็กตรอนในแถบการนำและมีอิเล็กโทรนิกเวเลนซ์เกิดขึ้นในแถวเวเลนซ์ ซึ่งโฮลจะมีประจุบวกส่วนอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ไปยังแถบนำจะสามารถกลับมาอยู่ในสภาวะเดิมได้หรือที่เรียกว่า การกลับมารวมตัวของอิเล็กตรอนและโฮล (Electron – Hole Recombination) แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การเกิด h^+ และ e^- เมื่อได้รับพลังงานแสง
ที่มา: www.doi.nrct.go.th สืบค้นเมื่อ 11/08/2561

เมื่อผิวหน้าของไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับพลังงานแสงสัมผัสกับน้ำและออกซิเจนที่อยู่ในอากาศไททาเนียมไดออกไซด์จะสร้างอนุมูลอิสระขึ้นมาที่มีความไวสูงบนผิวหน้าของไททาเนียมไดออกไซด์ โฮลจะทำการออกซิไดซ์โมเลกุลของน้ำเกิดเป็นหมู่ไฮดรอกซิลแรดิคอล ซึ่งหมู่ไฮดรอกซิลแรดิคอลนี่เป็นตัวการสำคัญ ที่สามารถทำให้ไททาเนียมไดออกไซด์สามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ได้ เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลแรดิคอลเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงมากสามารถสลายพันธะของสารอินทรีย์ที่ถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของไททาเนียมไดออกไซด์ได้ส่วนอิเล็กตรอนจะทำการรีดิวซ์โมเลกุลของออกซิเจน เกิดเป็นซุปเปอร์ออกไซด์แรดิคอลแอนไอออน (Superoxide Anion) ซึ่งเป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงมากสามารถทำปฏิกิริยากับสารที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอนที่ถูกดูดซับอยู่บนพื้นผิวของไททาเนียมไดออกไซด์จากการเกิดของสารอนุมูลอิสระที่กล่าวไปนั้น สามารถทำให้เกิดการทำลายโครงสร้างและยับยั้งชีวเคมีและสลายพันธะของสารประกอบอินทรีย์ให้กลายเป็นน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในที่สุดกระบวนการดังกล่าวเป็นไปตามสมการที่ (2.1-2.6) ซึ่งเป็นกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Photocatalytic) ของไททาเนียมไดออกไซด์ ดังรูปที่ 4

$$TiO_2 + h\nu \rightarrow h^+_{VB} + e^-_{CB} \quad (2.1)$$

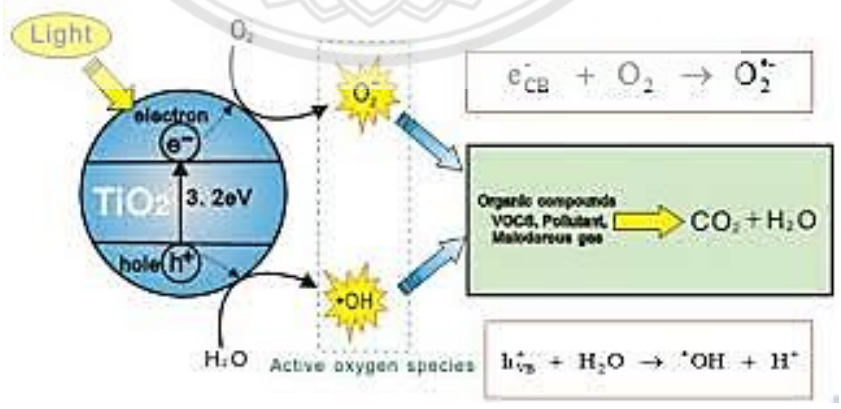
$$e^-_{CB} + O_2 \rightarrow O_2^{\bullet -} \quad (2.2)$$

$$h^+_{VB} + OH^- \rightarrow OH^{\bullet} \quad (2.3)$$

$$h^+_{VB} + H_2O \rightarrow OH^{\bullet} + H^- \quad (2.4)$$

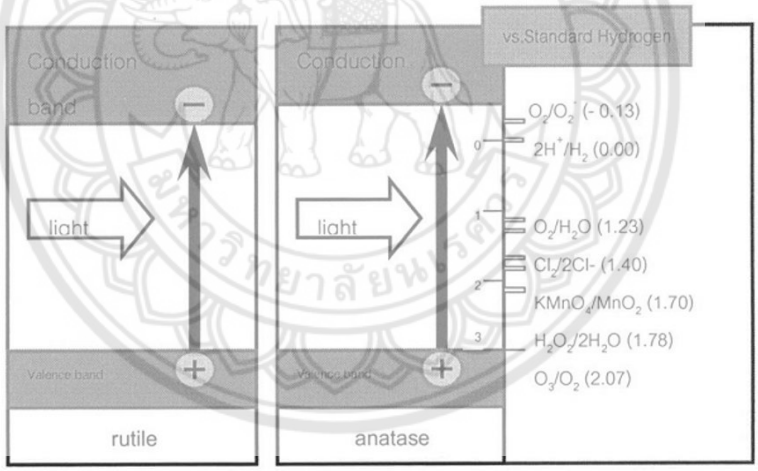
$$h^+_{VB} + OP_{ads} \rightarrow P^+_{ads} \quad (2.5)$$

$$OH^{\bullet} + OP_{ads} \rightarrow OP_{oxi} + H_2O \quad (2.6)$$



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงของไททาเนียมไดออกไซด์
ที่มา: http://kannipa3l.blogspot.com สืบค้นเมื่อ 5/9/61

การศึกษาประสิทธิภาพโฟโตคะตะไลติกของไททาเนียมไดออกไซด์ พบว่าไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสสามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 390 นาโนเมตร ในขณะที่โครงสร้างผลึกแบบรูไทล์สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นต่ำกว่า 410 นาโนเมตร อีกทั้งโครงสร้างแบบอนาเทสยังมีความสามารถในการดูดติดผิวสูงกว่าโครงสร้างแบบรูไทล์และโครงสร้างอนาเทสยังมีสมบัติในการเป็นตัวเร่งได้ดีกว่าไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างรูไทล์เนื่องจากไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างอนาเทสนั้นมีค่าช่องว่างพลังงานประมาณ 3.2 อิเล็กตรอนโวลต์ ซึ่งตรงกับความยาวคลื่นประมาณ 390 นาโนเมตร ส่วนไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างรูไทล์นั้นมีค่าช่องว่างพลังงานประมาณ 3.0 อิเล็กตรอนโวลต์ ตรงกับความยาวคลื่นประมาณ 410 นาโนเมตร พลังงานของแถบการนำของโครงสร้างรูไทล์ใกล้เคียงกับศักย์ที่ใช้ในการรีดิวซ์น้ำให้กลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนแต่ไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างอนาเทสที่ค่าพลังงานของแถบนำสูงกว่า ซึ่งมีความสามารถในการรีดิวซ์ออกซิเจนให้กลายเป็นซุปเปอร์ออกไซด์แรดิคอลแอน ไอออนได้ดังรูปที่ 5 จึงมีประสิทธิภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงที่สูงกว่าไททาเนียมไดออกไซด์โครงสร้างรูไทล์



รูปที่ 5 พลังงานของไททาเนียมไดออกไซด์ที่สอดคล้องกับศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์
ที่มา: http:// tha.sciences-world.com สืบค้นเมื่อ 06/09/61

อย่างไรก็ตามบางปฏิกิริยาโครงสร้างผลึกผสมระหว่างแบบอนาเทสและแบบรูไทล์จะให้ประสิทธิภาพในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงสูงกว่าโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสอย่างเดียว เพราะในระหว่างกระบวนการกระตุ้นด้วยแสงอิเล็กตรอนจะถูกส่งผ่านจากแบบรูไทล์ไปยังแบบอนาเทสจะเป็นการลดการรวมตัวกันใหม่ของอิเล็กตรอนและช่องว่างอิเล็กตรอนจากการสร้างประจุโดยใช้พลังงานจากแสงเนื่องจากชั้นการนำไฟฟ้าของโครงสร้างแบบอนาเทสอยู่ในตำแหน่งที่มีพลังงานสูงกว่าชั้นการนำไฟฟ้าของโครงสร้าง

แบบรูไทล์ประมาณ 0.20 อิเล็กตรอนโวลต์ และความสามารถของไททาเนียมไดออกไซด์ที่นำมาใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงนั้นเป็นผลมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น โครงสร้างและขนาดของผลึก ความหนาแน่นของหมู่ไฮดรอกซิลที่พื้นผิว พื้นที่ผิวจำเพาะ ความเป็นรูพรุน และสมบัติอื่นๆ ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการผลิตอิเล็กตรอนและช่องว่างอิเล็กตรอน การดูดซับบนพื้นผิว และกระบวนการรีดอกซ์

จากคุณสมบัติข้างต้นที่กล่าวมาช่วยให้การทำความสะอาดด้วยตัวเองของพื้นผิวที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์มีประสิทธิภาพ โดยทำให้สิ่งสกปรก สารอินทรีย์ต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง เขม่าควัน คราบน้ำมันที่มาเกาะบนพื้นผิวของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์จะกำจัดออกได้เองเมื่อมีการสัมผัสกับแสงด้วยกลไกของปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก

2.1.4 เทคนิคการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์

การเคลือบอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนวัสดุต่างๆ สามารถใช้วิธีการดังต่อไปนี้

2.1.4.1 วิธีการจุ่มเคลือบ (Dip Coating)

กระบวนการจุ่มเคลือบเป็นเทคนิคในการเคลือบผิววัสดุวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการเคลือบผิววัสดุต่างๆสามารถเคลือบวัสดุที่มีรูปร่างพื้นฐานจนถึงวัสดุที่มีความซับซ้อนได้ โดยการจุ่มวัสดุฐาน (Substrate) ลงในของเหลวซึ่งเป็นสารเคลือบ โดยความหนาของฟิล์มที่เคลือบในแต่ละครั้ง ขึ้นอยู่กับอัตราในการจุ่มและความหนืดของสารเคลือบ ในการจุ่มเคลือบนั้นสามารถแบ่งขั้นตอนในขณะเคลือบได้ 5 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 6 และมีรายละเอียดดังนี้

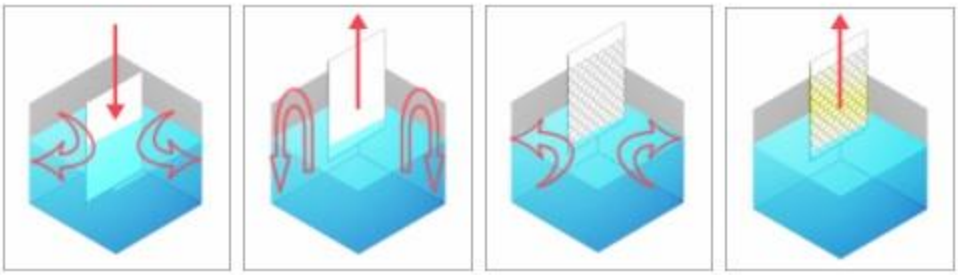
1. เตรียมวัสดุตัวกลางเพื่อพร้อมสำหรับเคลือบผิว ล้างทำความสะอาดเพื่อพร้อมแก่การเคลือบให้สามารถยึดเกาะได้ดีขึ้น

2. ขั้นตอนการจุ่มชิ้นงาน (Immersion) โดยจุ่มตัวกลางลงในสารละลายที่เป็นสารเคลือบผิว 2 ชนิดคือ โซเดียมซิลิเกต และไทเทเนียมไดออกไซด์

3. ขั้นตอนที่สารละลายเกาะที่ผิวชิ้นงานและเริ่มไหลย้อนกลับ (Deposition and Drainage) ในขั้นตอนนี้สารเคลือบจะทำหน้าที่ยึดเกาะกับวัสดุตัวกลาง

4. ขั้นตอนที่สารละลายระเหย (Evaporation) สำหรับตัวทำละลายที่ระเหยง่ายเช่น แอลกอฮอล์ ขั้นตอนการระเหยมักจะเกิดขึ้นพร้อมกับขั้นตอนที่ 2 ถ้าอุณหภูมิขณะทำการทดลองสูง การระเหยก็จะเกิดได้ดีขึ้น

5. การอบหรือเผาวัสดุตัวกลาง เมื่อตัวทำละลายระเหยออกจากพื้นผิวของวัสดุตัวกลาง เรียบร้อยแล้วทำการอบหรือเผาตัวกลางตามอุณหภูมิที่ต้องการซึ่งทำให้ได้ผลของปฏิกิริยาเป็นของแข็งเพื่อให้ได้โครงสร้างตามต้องการของสารเคลือบ



รูปที่ 6 แสดงกระบวนการจุ่มเคลือบ
ที่มา: https://www.dip-coater.jp สืบค้นเมื่อ 07/09/61

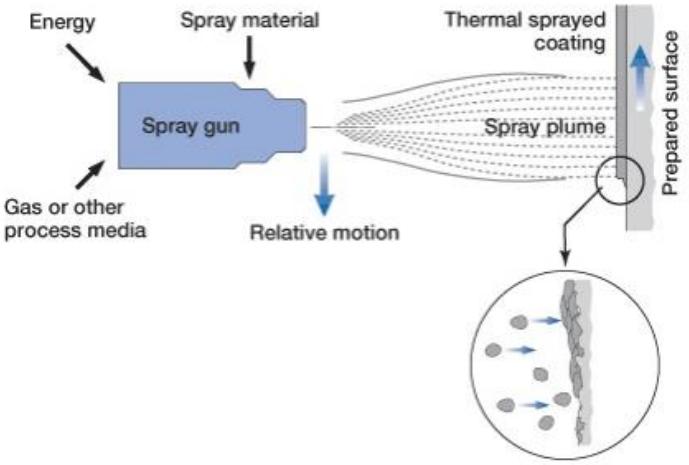
2.1.4.2 การพ่นเคลือบ (Spray Coating)

การเคลือบผิวด้วยวิธีสเปรย์ (Spray Coating) วิธีการนี้สามารถใช้ได้ทั้งกระบวนการผลิตแบบที่มีปริมาณมากหรือน้อยเป็นวิธีที่นิยมสำหรับผิวที่ต้องการความเรียบสูงและสม่ำเสมอ ข้อควรระวัง คือ การฟุ้งกระจายของตัวทำละลายในสารเคลือบที่เป็นพิษต่อร่างกายและลุกติดไฟได้ง่าย การเคลือบด้วยวิธีสเปรย์แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

1) วิธีการพ่น เป็นการทำให้สารเคลือบที่เคลือบถูกพ่นออกจากเม็ดเล็กๆ ด้วยแรงอัดของอากาศ วิธีนี้จะสิ้นเปลืองสารเคลือบเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีการฟุ้งกระจายไปในบริเวณที่ไม่ต้องการเคลือบ ประสิทธิภาพของวิธีนี้ขึ้นกับขนาดและรูปร่างของวัตถุที่นำมาเคลือบและความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน

2) วิธีการพ่นด้วยความร้อน เป็นการทำงานร่วมกันของการพ่นและการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้ความร้อนกับสารที่ใช้ในการเคลือบ สามารถเคลือบให้มีความหนาได้เร็วกว่าวิธีการพ่นแบบปกติ ลดการฟุ้งกระจายลง ข้อเสียคือ ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการ ติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

3) วิธีสเปรย์ไฮดรอลิกสุญญากาศ เป็นวิธีที่ใช้ระบบไฮดรอลิคเป็นระบบอัดสารเคลือบแทนแรงอัดอากาศสามารถใช้คู่กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ ข้อดีคือ ลดปริมาณสารเคลือบเกินความจำเป็น โดยสามารถควบคุมปริมาณสารเคลือบเหลวในแต่ละรอบของการพ่นให้คงที่ ข้อเสียคือ ต้องใช้แรงดันที่มากกว่าแรงกดอากาศเพราะสารเคลือบมีความหนืดสูงการในขณะเคลือบ



รูปที่ 7 แผนภาพการทำงานของการพ่นเคลือบ

ที่มา: http://www.keepsake.inthermal-spray-coatings/ สืบค้นเมื่อ 12/11/61

2.1.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของผงโลหะออกไซด์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคชั่นเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction; XRD)

เป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์โครงสร้างผลึกที่ไม่ทำลายชิ้นงานตัวอย่าง XRD นั้นจะช่วยให้สามารถทราบได้ว่าธาตุเหล่านั้น ผลึกแต่ละชนิดมีขนาดของหน่วยเซลล์ไม่เท่ากันและประกอบด้วยอะตอมที่แตกต่างกัน เมื่อรังสีเอ็กซ์ความยาวคลื่นเดียว (Monochromatic) ตกลงบนพื้นผลึกจะเกิดการเลี้ยวเบน และได้รูปแบบการเลี้ยวเบนบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction Pattern) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุม ของการเลี้ยวเบนบนรังสีเอ็กซ์กับความเข้มสัมพันธ์ของรังสีเอ็กซ์ ผลที่ได้คือชุดพีคการเลี้ยวเบนของ สารประกอบแต่ละชนิดที่มีลักษณะเฉพาะตัว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเลี้ยวเบนของสารมาตรฐานที่เก็บรวบรวมไว้แล้ว จะสามารถจำแนกชนิดของสารประกอบนั้นไม่ว่าสารนั้นจะอยู่ในรูปสารประกอบเดี่ยวหรือของผสมก็ตาม โดยสามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคจากสมการของ Scherrer (2.7)

$$D_\beta = \frac{\kappa}{\beta \cos\theta}\lambda \qquad \textbf{(2.7)}$$

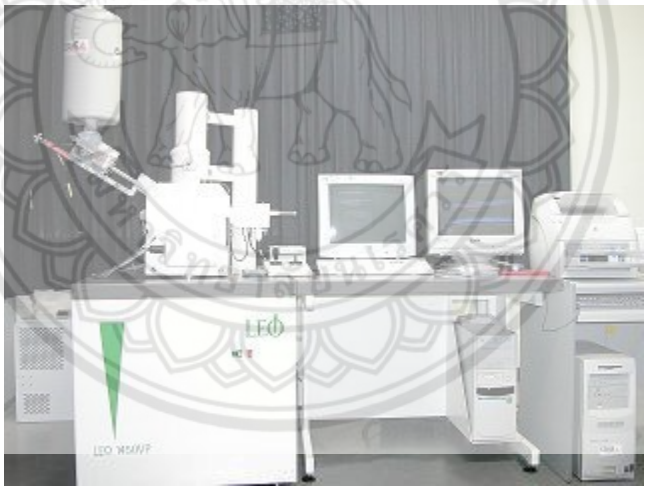
เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่น 0.154 (นาโนเมตร)

κ คือ ค่าคงที่ 0.94 สมมุติว่าเป็นอนุภาคทรงกลม

β คือ คววามกว้างของฐานคลื่น (เรเดียน)

2.1.6 การศึกษาพื้นผิวของผงโลหะออกไซด์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนส่องกราดใช้ศึกษาพื้นผิวของเซลล์หรือพื้นผิวของตัวอย่างวัตถุที่นำมาศึกษา โดยลำแสงอิเล็กตรอนจะส่องกราดไปบนพื้นผิวของวัตถุทำให้ได้ภาพ ซึ่งมีลักษณะเป็นภาพ 3 มิติ ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน ซึ่งทำหน้าที่ผลิตอิเล็กตรอนเพื่อป้อนให้กับระบบ โดยกลุ่มอิเล็กตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกเร่งด้วยสนามไฟฟ้า จากนั้นกลุ่มอิเล็กตรอนจะผ่าน Condenser Lens เพื่อทำให้กลุ่มอิเล็กตรอนกลายเป็นลำอิเล็กตรอนซึ่งสามารถปรับให้ขนาดของลำอิเล็กตรอนใหญ่หรือเล็กได้ตามต้องการ หากต้องการภาพที่มีความคมชัดจะปรับให้ลำอิเล็กตรอนมีขนาดเล็ก หลังจากนั้นลำอิเล็กตรอนจะถูกโฟกัสโดย Objective Lens ลงไปบนผิวชิ้นงานที่ต้องการศึกษาและกราดในระนาบ XY หลังจากลำอิเล็กตรอนถูกกราดลงบนชิ้นงานจะทำให้เกิดลำอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (Secondary Electron) ขึ้น ซึ่งสัญญาณจากอิเล็กตรอนทุติยภูมินี้จะถูกบันทึก และแปลงเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์และซักนำไปสร้างเป็นภาพต่อไป กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงดังรูปที่ 8

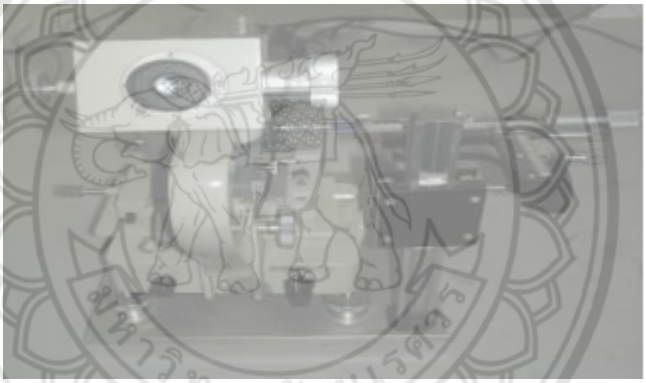


รูปที่ 8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
ที่มา: http://science.buu.ac.th.สืบค้นเมื่อ.13/09/61

2.1.7 การวัดมุมสัมผัสด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact Angle Metter)

เครื่องวัดมุมสัมผัส คือ เครื่องที่ใช้วัดมุมสัมผัสของผิวน้ำบนวัสดุโดยวัดมุมเปรียบเทียบกับวัสดุที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม เครื่องวัดมุมสัมผัสเป็นการวัดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างพื้นผิวของของเหลวและพื้นผิวของแข็ง การวัดจะใช้เครื่องวัดมุมสัมผัส ซึ่งมุมสัมผัสของน้ำบนพื้นผิวเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์จะ

แสดงถึงความเป็นไฮโดรฟิลิคหรือความเป็นไฮโครโฟบิค โดยพื้นผิวที่มีความเป็นไฮโดรฟิลิคค่ามุมสัมผัสจะมีค่าต่ำส่วนพื้นผิวที่มีความเป็นไฮโดรโฟบิกค่ามุมสัมผัสจะสูง ปริมาณของน้ำที่หยดลงวัสดุที่ใช้ทดสอบจะต้องมีปริมาณที่เท่ากัน เครื่องวัดมุมสัมผัสจะมีเข็มลักษณะคล้ายกับเข็มฉีดยาแต่มีหัวเข็มขนาดเล็กมาก เป็นอุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำหยดภายในเครื่องวัดมุมจะมีหลอดไฟเพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งลำแสงจะถูกรวบรวมโดย Dark Field Condensing Lens มีลักษณะตรงกลางทึบแสง ทำให้แสงผ่านเฉพาะบริเวณขอบของ Condenser ไปสู่หยดน้ำ แสงที่อยู่รอบๆ หยดน้ำจะไม่สามารถผ่านเข้าสู่ Objective Lens ทำให้พื้นหลัง (Back Ground) มืด ส่วนที่ตกกระทบหยดน้ำจะหักเหเข้าสู่ Objective Lens ทำให้มองเห็นหยดน้ำได้ ซึ่งภาพที่มองเห็นจะมีลักษณะเป็นภาพ 2 มิติ และภายในเครื่องจะมีสเกลแบ่งองศาสามารถอ่านมุมสัมผัสของน้ำได้ ถ้าวัสดุมีคุณสมบัติไฮโดรฟิลิกยิ่งยวด (Super Hydrophilic) มุมสัมผัสระหว่างหยดน้ำกับผิวฟิล์มที่มีค่าประมาณ 0 - 5 องศา เครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact Angle Meter) และวิธีการวัดมุมสัมผัสของน้ำบนผิวของกระจกและฟิล์ม แสดงดังรูปที่ 9 และ รูปที่ 10



รูปที่ 9 แสดงเครื่องวัดมุมสัมผัส (Contact Angle Meter)
ที่มา: http://share.psu.ac.th สืบค้นเมื่อ.13/09/61

รูปที่ 10 แสดงการวัดมุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวของกระจก
ที่มา: http://ruethairat007.blogspot.com/ สืบค้นเมื่อ.13/09/61

2.1.7.1 ค่ามุมสัมผัส (Contact Angle)

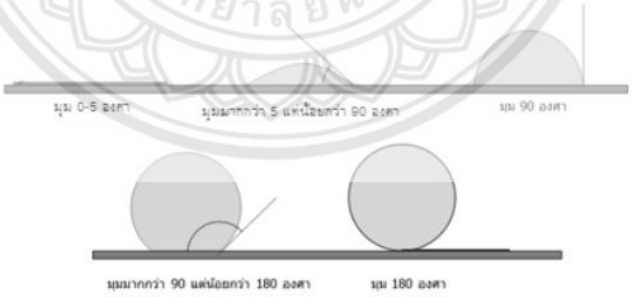
ค่ามุมสัมผัส (Contact angle) คือมุมระหว่างหยดของของเหลววัดเทียบกับผิววัสดุ ณ จุดที่ผิวทั้งสองเกาะติดกันและใช้ค่ามุมสัมผัสนี้เป็นเกณฑ์แบ่งความชอบน้ำบนผิวของแข็งว่ามีคุณสมบัติชอบน้ำได้ดีหรือไม่ดีมีเกณฑ์ดังนี้

1. มุมสัมผัสเท่ากับ 0 ถึง 5 องศา คือ มีคุณสมบัติชอบน้ำอย่างสมบูรณ์ (Super Hydrophilic) หรือไฮโดรฟิลิกยิ่งยวด ซึ่งเป็นกรณีที่แรงยึดติดมีค่ามากกว่าแรงเชื่อมแน่นมากๆ เมื่อของเหลวถูกหยดลงบนผิวของเหลวจะกระจายไปตามผิวของของแข็งจนกลายเป็นชั้นของของเหลวบางๆ คลุมพื้นผิวของของแข็งเป็นบริเวณกว้างที่สุด

2. มุมสัมผัสมีค่าระหว่าง 5 ถึง 90 องศา คือ มีคุณสมบัติชอบน้ำได้ดี (Hydrophilic) หรือไฮโดรฟิลิก ของเหลวจะกระจายไปบนผิวได้เป็นบริเวณกว้างแต่ก็ยังคงเกาะกันเป็นหยดนูนขึ้นเล็กน้อยจากผิวของของแข็ง

3. มุมสัมผัสมีค่าตั้งแต่ 90 แต่ไม่ถึง 180 องศา คือ มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) หรือไฮโดรโฟบิก ของเหลวจะรวมกันเป็นหยดรูปทรงค่อนข้างกลม จะมีบริเวณเล็กๆ ที่ฐานของหยดที่ของเหลวยังคงแตะกับผิวของแข็ง

4. มุมสัมผัสมีค่าเท่ากับ 180 องศา คือ มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำอย่างสมบูรณ์ (Super Hydrophobic) เกิดขึ้นเมื่อแรงยึดติดมีค่าน้อยกว่าแรงเชื่อมแน่นมากๆ ดังนั้นของเหลวจะรวมกันเป็นหยดทรงกลมบริเวณที่ของเหลวแตะกันผิวของแข็งจะอยู่ที่ฐานของทรงกลม ซึ่งเล็กมากจนแทบจะเป็นจุดเมื่อเป็นแบบนี้ของเหลวสามารถกลิ้งไปมาบนผิวได้อิสระเหมือนลูกบอลกลิ้งบนพื้นเรียบ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำ

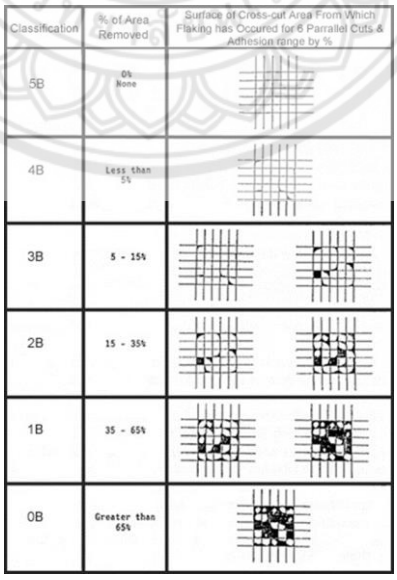
ที่มา : Starfall, 2011

2.1.8 การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์

การทดสอบการยึดเกาะของฟิล์มเป็นการทดสอบการยึดเกาะของฟิล์มกระทำตามมาตรฐาน ASTM D3359 โดยใช้เครื่องมือทดสอบการยึดเกาะของฟิล์ม (Cross Hatch Cutter) แสดงดังรูปที่ 12 กรีดฟิล์มสีทดสอบให้ลึกถึงแผ่นทดสอบและเป็นรอยตาราง 5-10 รอย มีระยะห่างระหว่างตาราง 1 มิลลิเมตร ใช้เทปกาว (ที่ได้มาตรฐานตามที่ระบุไว้ใน มอก.285 เล่ม 48) ติดบริเวณพื้นที่ที่กรีดแล้วดึงอย่างรวดเร็ว จากนั้นตรวจสอบผิวฟิล์มว่ามีการหลุดไปมากน้อยเท่าใด โดยเทียบกับภาพมาตรฐาน ซึ่งเป็นภาพที่แสดงพื้นที่ของฟิล์มที่หลุดออกว่าอยู่ในเกรดเบอร์ใด 0B-5B ทดสอบซ้ำกับแผ่นทดสอบใหม่อีก 2 ครั้ง เพื่อยืนยันผลการทดสอบที่ได้แสดงดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 เครื่องมือ Cross hatch cutter

ที่มา: http://www.bhagwatihardware.com/ brush-4301129.html สืบค้นเมื่อ.20/04/62



รูปที่ 13 ภาพระดับการยึดเกาะผิวฟิล์ม มาตรฐาน ASTM D3359

ที่มา: https://gardco.com/pages/adhesion/PATkit.cfm สืบค้นเมื่อ.20/04/62

2.1.9 การดูดซับ (Adsorption)

กระบวนการดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สารถูกดูดซับในสภาวะที่เป็นของเหลวหรือแก๊สมาสัมผัสโดยตรงกับพื้นผิวที่เป็นของแข็งที่เป็นสารดูดซับโดยสารที่มีพลังงานอิสระที่ผิว (Surface Free Energ) ต่ำจะถูกดูดซับได้ แต่พลังงานอิสระที่ผิวสูงจะไม่ถูกดูดซับ ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการดูดซับ เช่น พื้นที่ผิวในการดูดซับ ธรรมชาติของสารดูดซับ พลังงานกระตุ้นของสารดูดซับ สภาวะการดูดซับ อาทิ อุณหภูมิ ความดัน ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดันจะทำให้ปริมาณการดูดซับเปลี่ยนแปลง อีกทั้งความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ลักษณะของการดูดซับแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือ การดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี ซึ่งทั้งสองลักษณะนี้มีแรงกระทำต่อพื้นผิวของสารดูดซับในรูปแบบที่แตกต่างกันกระบวนการดูดซับเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนพื้นผิว

การดูดซับจะเกิดบริเวณพื้นที่ผิวสัมผัส (Interface) โดยที่มีวัฐภาคหนึ่งเป็นของแข็งเสมอโดยโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับเกาะบริเวณผิวหน้าของสารดูดซับดังนั้นการดูดซับด้วยของแข็งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของสารดูดซับ เนื่องจากแรงดึงดูดที่พื้นผิวของของแข็งซึ่งเป็นสารดูดซับมีค่ามากกว่าพลังงานจลน์ของโมเลกุลของของเหลวนั้นจึงทำให้เกิดการดูดซับขึ้น การดูดซับบนพื้นผิวของแข็งสามารถแบ่งได้ตามแรงดูดซับระหว่างพื้นผิวโมเลกุลเป็น 2 ประเภท คือ การดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี

2.1.9.1 ประเภทการดูดซับ

การดูดซับโดยทั่วไปจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี

1.การดูดซับทางกายภาพ (Physical Absorption หรือ Physisorption) กระบวนการดูดซับประเภทนี้ถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง การดูดซับทางกายภาพอาศัยแรงดึงดูดทางไฟฟ้าเรียกว่า แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van Der Daals) หรือ พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) แรงดึงดูดระหว่างสารที่อยู่ในของเหลวกับสารที่ดูดซับมีมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างสารในของเหลวกับของเหลว ทำให้สารที่อยู่ในของเหลวติดอยู่ที่สารดูดซับแทน การดูดซับทางกายภาพไม่มีแรงกระตุ้นมาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าน้อยการกำจัดตัวถูกดูดซับออกจากพื้นผิวได้ง่ายและการดูดซับเกิดซ้อนกันได้หลายครั้งการดูดซับแบบนี้สามารถเกิดขึ้นแบบหลายขั้นโดยจำนวนชั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารและเกิดขึ้นได้ไม่ดีเมื่ออุณหภูมิต่ำ

2.การดูดซับทางเคมี (Chemical Absorption) เกิดขึ้นเมื่อตัวถูกดูดซับทำปฏิกิริยาทางเคมีกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจากตัวถูกดูดซับเดิม คือ มีการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม แล้วมี

การจัดเรียงอะตอมขึ้นมาใหม่โดยมีพันธะทางเคมีที่แข็งแรงแรงที่ใช้ดูดซับเป็นพันธะโควาเลนซ์ มักเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตของสารที่ถูกดูดซับทำให้มีพลังงานกระตุ้นมาเกี่ยวข้อง ความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงการกำจัดสารที่ถูกดูดซับออกจากพื้นผิวตัวดูดซับทำได้ยากและเป็นการดูดซับแบบชั้นเดียว

นอกจากแบ่งประเภทการดูดซับเป็นการดูดซับทางกายภาพและทางเคมีแล้วยังอาจแบ่งประเภทการดูดซับตามกลไกเพิ่มได้อีก คือการดูดซับแบบแลกเปลี่ยนประจุ (Exchange Adorption) เป็นการดูดซับที่อาศัยการดูดติดด้วยไฟฟ้าสถิตบริเวณผิว เมื่อตัวดูดซับและตัวถูกดูดซับมีประจุและเกิดแรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดซับเป็นไอออนที่มีประจุกับตัวดูดซับที่มีประจุตรงกันข้ามและการดูดซับแบบเฉพาะเจาะจง (Specific Adsorption) เกิดขึ้นเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวของโมเลกุลตัวถูกดูดซับกับตัวดูดซับที่มีหมู่ฟังก์ชันอยู่บนผิว แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตัวดูดซับ พฤติกรรมการดูดซับนี้จะมีค่าพลังงานในการยึดเหนี่ยวอยู่ระหว่างหลังงานของการดูดซับทางกายภาพและเคมี โดยคุณสมบัติการดูดซับแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติการดูดซับทางกายภาพและทางเคมี

การดูดซับทางเคมี	**การดูดซับทางกายภาพ**
ค่าความร้อนของการดูดซับ 50-400 KJ/mol	ค่าความร้อนของการดูดซับ ≤ 20 KJ/mol
เกิดที่อุณหภูมิสูง	เกิดที่อุณหภูมิต่ำ
ไม่เกิดการผันกลับ	ส่วนใหญ่เกิดการผันกลับ
เกิดการดูดซับชั้นเดียว	เกิดการดูดซับหลายชั้น
มีพลังงานก่อกัมมันต์มาเกี่ยวข้อง	ไม่มีพลังงานก่อกัมมันต์มาเกี่ยวข้อง

ที่มา : http:// pradthana.wordpress.com สืบค้นเมื่อ 07/09/61

2.1.9.2 กลไกการดูดซับ

การดูดซับเป็นการเคลื่อนย้ายสาร (Mass Transfer) จากแก๊สหรือของเหลวมายังของแข็งการเกาะติดบนพื้นผิวตัวดูดซับเกิดขึ้น 3 ระยะติดต่อกัน ดังนี้

1. ระยะที่ 1 การแพร่ภายนอก (External Diffusion) เป็นระยะที่โมเลกุลของตัวถูกดูดซับ (Absorbate) ในน้ำเคลื่อนที่ไปเกาะรอบนอกของตัวดูดซับ

2. ระยะที่ 2 การแพร่ภายใน (Intrapartical Diffusion) เป็นระยะที่โมเลกุลของตัวถูกดูซับจะฟุ้งกระจายเข้าไปในรูพรุนของตัวดูดซับ

3. ระยะที่ 3 การดูดซับ (Adsorption) เป็นระยะที่เกิดการเกาะติดบนผิวในรูพรุนระหว่างตัวถูกดูดซับและพื้นผิวของตัวดูดซับ

2.1.9.3 ชนิดของสารดูดซับ

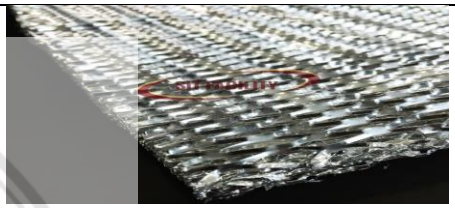
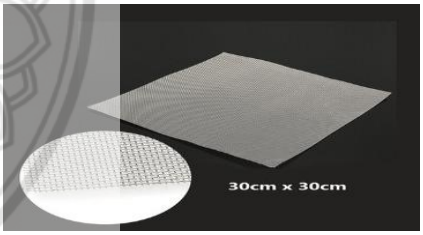
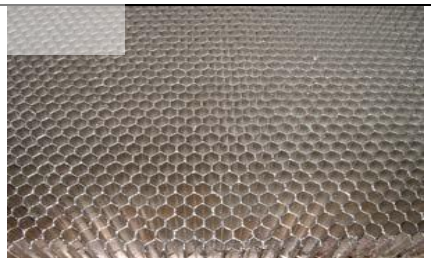
ในสารดูดซับแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกสารดูดซับที่เหมาะกับการใช้งานจึงเป็นสิ่งที่สำคัญความสามารถในการดูดซับนอกจากจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวจำเพาะแล้วยังขึ้นอยู่กับการกระจายขนาดของรูพรุน (Pore Size Distribution) อีกด้วย ช่วงของการกระจายขนาดของรูพรุนนั้นถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 1. รูพรุนขนาดเล็ก (Microspores) มีขนาดเล็กกว่า 2 นาโนเมตร 2. รูพรุนขนาดกลาง มีขนาด 2-50 นาโนเมตร 3.รูพรุนขนาดใหญ่ มีขนาดใหญ่กว่า 50 นาโนเมตร นอกจากนี้ รูพรุนขนาดเล็กยังถูกแบ่งย่อยออกเป็นสามช่วง ได้แก่ 1.อัลตราไมโครพอร์ มีขนาดเล็กกว่า 0.5 นาโนเมตร 3.ไมโครพอร์ มีขนาด 0.5-1.4 นาโนเมตร 4. ซุปเปอร์ไมโครพอร์ มีขนาดใหญ่กว่า 1.4-2 นาโนเมตร การดูดซับส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่รูพรุนขนาดเล็กเนื่องจากการดูดซับภายในรูพรุนขนาดเล็ก โมเลกุลของสารถูกดูดซับจะอยู่ใกล้กับผนังของสารดูดซับมาก ส่งผลให้มีแรงดึงดูดที่มากขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้การที่สารดูดซับมีรูพรุนขนาดเล็กมากจะมีพื้นที่ผิวจำเพาะมากเมื่อเทียบกับรูพรุนขนาดอื่นๆ การดูดซับที่เกิดขึ้นภายในรูพรุนขนาดเล็กเป็นการดูดซับที่เรียกว่าการเติมเต็มในรูพรุน ส่วนรูพรุนขนาดกลางและรูพรุนขนาดใหญ่จะมีผลต่อการดูดซับแก๊สน้อยมาก แต่จะมีความสำคัญมากหากสารถูกดูดซับเป็นของเหลว ในการดูดซับแก๊ส รูพรุนขนาดกลางและรูพรุนขนาดใหญ่จะทำหน้าที่เป็นทางผ่านเพื่อนำแก๊สเข้าไปเกิดการดูดซับกับรูพรุนขนาดเล็กที่ภายในของสารดูดซับ ดังนั้น สารดูดซับที่ดีจึงต้องมีปริมาณของรูพรุนแต่ละขนาดที่เหมาะสมสารดูดซับนั้นมีหลายชนิด แต่ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันคือ ถ่านกัมมันต์ ซีโอไลต์ ซิลิกาเจล อะลูมินา ถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ในงานและอุตสาหกรรมที่หลากหลาย ซิลิกาเจลและอะลูมินาส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้เป็นสารดูดความชื้น ซีโอไลต์เป็นดูดซับที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมามีลักษณะเป็นผลึกและทนต่อความร้อนได้สูงแต่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ สารดูดซับแต่ละชนิดมีพื้นที่ผิวจำเพาะที่แตกต่างกันมีการกระจายขนาดของรูพรุนที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้งานสารดูดซับแต่ละชนิดจึงมีความแตกต่างกันตามจุดประสงค์ของงานที่นำไปใช้นอกจากนี้ยังมีสารดูดซับชนิดอื่นๆ เช่น เรซินพอลิเมอร์ ที่ถูกนำไปใช้ในเครื่องกรองน้ำสารดูดซับประเภทแร่ดินถูกนำไปใช้ในกระบวนการแยกสารที่เกี่ยวข้องกับน้ำมัน เป็นต้น

2.1.10 แผ่นกรองทางการค้า

จากการศึกษาการประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เพื่อเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกเพื่อบำบัดอากาศให้บริสุทธิ์ในรูปแบบของแผ่นกรองที่ถูกใช้ภายในอาคาร ซึ่งเครื่องกรองอากาศแบบโฟโตคะตะไลติกประกอบด้วยแผ่นกรองทางการค้า ไทเทเนียมไดออกไซด์ หลอดไฟยูวี และพัดลมดูดอากาศ โดยที่โครงสร้างแผ่นกรองมีโครงสร้างแบบรังผึ้งหรือโครงสร้างรูพรุนสามมิติเพื่อลดความดันลด พบว่าแผ่น

กรองเซรามิกถูกนำมาใช้ในการศึกษาสำหรับเคลือบไททาเนียมไดออกซ์เพื่อกรองอากาศและสามารถย่อยสลายสารมลพิษที่ถูกดูดซับนอกจากนี้ยังสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียภายในอาคารซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับใช้งานภายในโรงพยาบาล (Fujishima & Zhang., 2006) คุณสมบัติของแผ่นกรองทางการค้าชนิดต่างๆแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของแผ่นกรองชนิดต่างๆ

ชนิดแผ่นกรองทางการค้า	คุณสมบัติ	ประยุกต์การใช้งาน	รูปภาพประกอบ
Aluminum filler	กรองฝุ่นหยาบ และไอน้ำมัน สามารถล้างน้ำได้	ใช้กรองฝุ่นหยาบตู้ AHU ใช้กรองไอน้ำมันในห้องครัว	
Ceramics Foam Filter	ดักจับอนุภาคขนาดใหญ่สารปนเปื้อน	กรองฝุ่นในเครื่องจักร ทนความร้อนได้สูงกว่าใยสังเคราะห์ทั่วไป	
Honeycomb Filter	มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงมีพื้นที่ผิวที่ค่อนข้างใหญ่และมีความต้านทานต่ออากาศต่ำ	เพื่อยึดติดและสนับสนุนตัวเร่งปฏิกิริยา สารดูดความชื้นและสารดับกลิ่น	

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของแผ่นกรองชนิดต่างๆ (ต่อ)

Carbon filter	ขจัดสิ่งปนเปื้อนและสิ่งสกปรกโดยใช้การดูดซับทางเคมี	การกรองขจัดสารประกอบอินทรีย์ระเหย (VOCs) กลิ่น และสารมลพิษในอากาศออกจากอากาศได้	

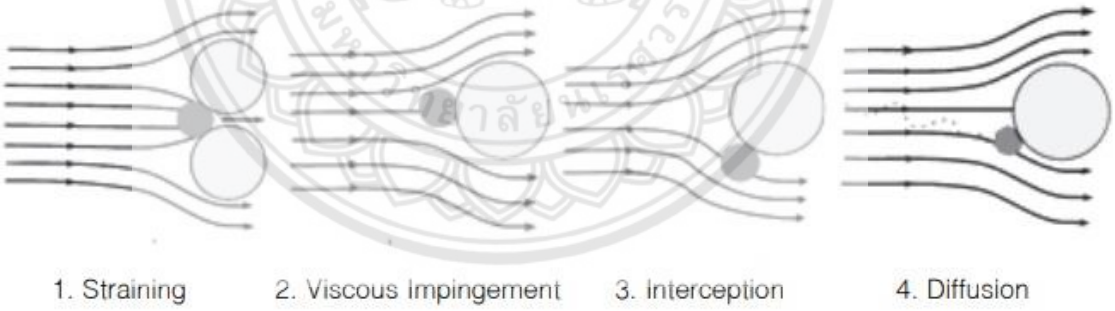
ที่มา: http://sitfacility.com สืบค้นเมื่อ 08/09/61

2.1.11 หลักการกรองอากาศ

หลักการกรองอากาศสามารถจำแนกหลักการกรองอากาศเป็น 3 ประเภทดังนี้

2.1.11.1 การกรองแบบทางกล

การกรองแบบทางกลโดยการใช้เส้นใยเนื้อกรองที่มีขนาดต่างๆกัน มาถักสานกันในลักษณะต่างๆ ให้มีช่องว่างระหว่างเส้นใยต่างๆกัน เพื่อให้กระแสลมที่มากับอากาศมาพร้อมสิ่งปนเปื้อนถูกเนื้อกรองดักจับ แผ่นกรองแบบทางกลนี้เริ่มต้นใช้งานแผ่นกรองยังสะอาดมักมีประสิทธิภาพต่ำ ดังรูปที่ 14



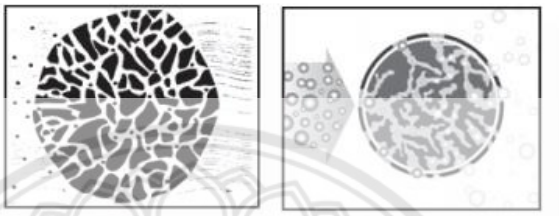
รูปที่ 14 หลักการกรองอากาศแบบต่างๆ

ที่มา: ธวัชชัย เสถียรรัตนกุล, 2551

2.1.11.2 การกรองแบบทางเคมี

การกรองแบบทางเคมีโดยใช้สารถ่านกัมมันต์เคลือบด้วยโปตัสเซียมเปอร์มังกาเนตโปตัสเซียมไฮดรอกไซด์ ฯลฯ ทั้งนี้การเลือกชนิดของสารเคมีที่เคลือบนั้นขึ้นกับชนิดของแก๊สปนเปื้อนที่ต้องการจะดักจับประสิทธิภาพตามมาตรฐาน ASTM Standard ซึ่งการกรองประเภทนี้ จะใช้

กลไกการดูดซับ (Adsorption) การดูดซึม (Absorption) และการทำปฏิกิริยา (Chemisorption) ในการดักจับแก๊สปนเปื้อนที่มีขนาดอนุภาคเล็กมากๆแสดงดังรูปที่ 15 ส่วนใหญ่เล็กกว่า 0.01 ไมครอน ประสิทธิภาพของการกรองขึ้นอยู่กับหลายๆปัจจัยเช่น ความเร็วลม หรือเวลาที่ดักจับ (Resident Time) อุณหภูมิ ความชื้น ความลึกของตัวดูดซับที่ออกแบบ ความเข้มข้นของแก๊สปนเปื้อน การกรองทางเคมีนี้เรามักพบเห็นโดยทั่วไป เช่น เราใช้ถ่านเพื่อดูดซับกลิ่นในตู้เย็นแต่ก็มีแก๊สปนเปื้อนบางตัวที่ไม่สามารถกรองได้ดี เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)



รูปที่ 15 หลักการกรองแบบเคมี

ที่มา: ธวัชชัย เสถียรรัตนกุล, 2551

2.1.12 น้ำมันปาล์ม

น้ำมันปาล์มได้จากพืชน้ำมันที่มีชื่อว่า ปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นปาล์มตระกูล Elaeis Guinensis พันธุ์ดูรา (Dura) ฟิสิเฟอรา (Pisifera) หรือทีเนอรา (Tenera) โดยพืชชนิดนี้จะออกลูกเป็นทะลายและจะนำมาแยกย่อย และหีบเอาน้ำมันออกจากเปลือกนอกของผลปาล์ม (Mesocarp) เรียกน้ำมันปาล์มที่ได้นี้ว่า น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil, CPO) ซึ่งมีคุณลักษณะคล้ายน้ำมันชนิดอื่นที่มีส่วนประกอบของกลีเซอไรด์ (Glycerides) และสารประกอบอื่นๆรวมอยู่ด้วยดังนี้ (ศักดิ์รพี คนซื่อ, 2554)

ส่วนประกอบหลัก :	Triglyceride	> ร้อยละ 99
	Partial Glycerides	ร้อยละ 5-8
	Free Fatty Acids	ร้อยละ 2-5
ส่วนประกอบรอง :	Carotenoids	ร้อยละ 0.05 - 0.07
	Tocophenols และ Tocotrienols	ร้อยละ 0.06 - 0.1
	Sterols	< ร้อยละ 0.1

ซึ่งน้ำมันปาล์มมีกรดไขมันดังต่อไปนี้

Saturated Acid :	Lauric Acid	ร้อยละ 0.1 - 0.3
	Myristic Acid	ร้อยละ 1.0 - 1.3
	Palmitic Acid	ร้อยละ 43.9 - 46.0
	Stearic Acid	3.9 - 4.4 %
	Arachidic	0.3 - 0.7 %
Mono Unsaturated Acid :	Palmitoleic Acid	0.0 - 0.1 %

	Oleic Acid	38.0 - 40.6 %
Poly Unsaturated Acid :	Linoleic Acid (Omega-6 Fatty Acid)	9.2 - 10.5 %
	Linoleic Acid (Omega-3 Fatty Acid)	0.3 - 0.6 %

น้ำมันปาล์มมีจุดหลอมเหลวที่ 35 องศาเซลเซียส มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว หรือ มีความหนืดสูง มีจุดเกิดควันที่อุณหภูมิ 232 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำมันปาล์มทนความร้อนได้ดี สามารถใช้ทอดอาหารที่ต้องการไฟแรงได้ (ที่มา: http://haamor.com/th/น้ำมันปาล์ม สืบค้นเมื่อ 25/04/62)

2.1.13 ระบวนการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงต่อน้ำมันปาล์ม

เนื่องจากในการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงสามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ได้ ซึ่งอนุภาคของน้ำมันปาล์มมีสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ได้โดยใช้แสงจากหลอดไฟยูวี ในการกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ กรดสเตียริก (Stearic Acid) กรดปาลมิติก (Palmitic Acid) กรดลอริก (Linoleic Acid) และกรดโอเลอิก (Oleic Acid) เป็นต้น (Chengwei Xu et al., 2011)

2.1.14 พลังงานแสง

แสงเป็นช่วงหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นคลื่นตามขวางที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับการสั่นสามารถอธิบายได้จากสมการของแมกเวลล์โดยแสงสีม่วงซึ่งมีความยาวคลื่นน้อยที่สุดหรือความถี่สูงสุดส่วนแสงสีอื่นๆ ให้สเปคตรัมของแสงในช่วงนี้ก็มีความยาวคลื่นสูงขึ้นตามลำดับจนถึงแสงสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุดหรือมีความถี่ต่ำที่สุดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สเปกตรัมและพลังงานของแสง

สี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ความถี่ (เฮิรตซ์)	พลังงาน (อิเล็กตรอนโวลต์)
แดงเข้ม	30,000	1.00×10^{13}	1.77
แดงส้ม	700	3.00×10^{14}	1.91
ส้ม	600	5.00×10^{14}	2.06
เหลือง	580	5.17×10^{14}	2.14
เขียวเหลือง	550	5.45×10^{14}	2.25
เขียว	525	5.71×10^{14}	2.36
เขียวน้ำเงิน	500	6.00×10^{14}	2.48
น้ำเงิน	450	6.66×10^{14}	2.75
ม่วง	400	7.50×10^{14}	3.10
อัลตราไวโอเลต	366	8.20×10^{14}	3.39

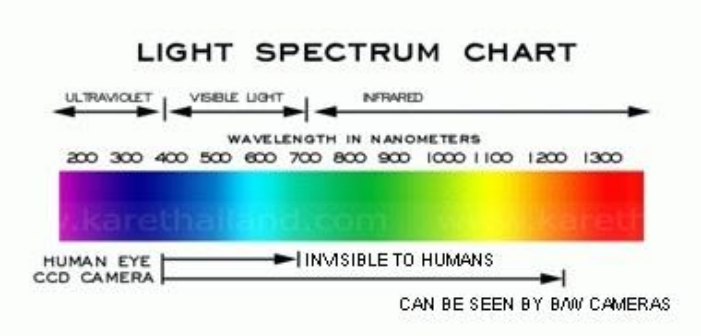
ที่มา: http://www.kme10.com/job/atom_tarang/spectrum.html สืบค้นเมื่อ 20/09/61

โดยแสงอาทิตย์มีช่วงความยาวคลื่นที่กว้างมากแต่มีความเข้มแสงของแสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) ความยาวคลื่นในช่วง 200–400 นาโนเมตร และความยาวคลื่นของแสงในช่วงที่ตามองเห็น (Visible light) อยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร มีความถี่อยู่ในช่วง 103-105 เฮิรตซ์ เมื่อแสงผ่านลงมาชั้นบรรยากาศจะถูกดูดกลืนและเกิดการกระเจิงของแสงขณะผ่านชั้นบรรยากาศ แสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังพื้นผิวโลกจะมีความยาวคลื่นช่วง 320-700 นาโนเมตร จะเห็นว่าช่วงแสงอัลตราไวโอเลตที่ส่องผ่านมายังพื้นผิวโลกจะมีปริมาณที่น้อยมากประมาณร้อยละ 3–5 แต่ปริมาณแสงส่วนใหญ่เป็นแสงในช่วงที่ตามองเห็นดังรูปที่ 16 โดยแสงอัลตราไวโอเลตแบ่งออกเป็น 3 ช่วงคือ

1) อัลตราไวโอเลต เอ (UV A) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 320-400 นาโนเมตร

2) อัลตราไวโอเลต บี (UV B) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 280-320 นาโนเมตร

3) อัลตราไวโอเลต ซี (UV C) ความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 200-280 นาโนเมตร



รูปที่ 16 แสดงสเปกตรัมของคลื่นแสง
ที่มา: http://www.satriwit3.ac.th สืบค้นเมื่อ 08/09/61

ในการใช้ไททาเนียมไดออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงจะต้องมีการฉายแสงให้กับระบบเพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการเคลื่อนตัวของอิเล็กตรอน (Electron) และโฮล (Hole) โดยพลังงานแสงดังกล่าวต้องมีมากพอที่จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้ซึ่งพลังงานแสงที่เกิดจะอยู่ในรูปของโฟตอน (Photon) เรียกพลังงานนี้ว่า พลังงานกระตุ้น (Activation Energy) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.8)

$$E = \frac{hc}{\lambda} = h\nu \qquad (2.8)$$

เมื่อ E คือ ค่าพลังงานกระตุ้น (จูล)

h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's Constant) = 6.625×10^{-34} (จูล-วินาที)

c คือ ความเร็วของคลื่นแสง = 2.997x108 (เมตร/วินาที)

λ คือ ความยาวคลื่นแสง (นาโนเมตร)

ν คือ ความถี่ของแสง (เฮิรตซ์)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พลอย สุจริตธรรม และคณะ (2555) การกำจัดสารโทลูอีนโดยใช้กระดาษกรองใยแก้วเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์โดยกระบวนการโฟโตคะตะไลติก ทำการทดลองโดยมีแหล่งกำเนิดแสงจากหลอดแบล็คไลท์ความเข้มแสงยูวี 67 115 และ145 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรและหลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสงยูวี 2.1 3.8 และ4.5 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นแหล่งกำเนิดแสงในการกระตุ้นตัวเร่งปฏิกิริยา ปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้อยู่ที่ 10 กรัมต่อตารางเมตร สารโทลูอีนความเข้มข้นเริ่มต้น 5 ส่วนในล้านส่วนใช้ถังปฏิกรณ์ขนาด 30 ลิตร ควบคุมอุณหภูมิการทดลองที่ 25±2 องศาเซลเซียส ใช้กระดาษกรองใยแก้วเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ขนาด 0.156 ตารางเมตร ภายใต้ระยะเวลาการทดลอง 180 นาที และใช้กระดาษกรองใยแก้วเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์โดยไม่มีแหล่งกำเนิดแสงเป็นชุดควบคุม เพื่อดูการดูดซับของแผ่นฟอกอากาศ พบว่าประสิทธิการกำจัดสารโทลูอีนโดยใช้หลอดแบล็คไลท์ทุกความเข้มแสงสามารถกำจัดสารให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสารโทลูอีนภายในอาคารที่อยู่อาศัย โดยประสิทธิภาพการกำจัดสารดีที่สุดที่ความเข้มแสงยูวี 145 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เวลาที่ใช้ในการกำจัดสาร 30 นาทีประสิทธิภาพที่ร้อยละ 96.97 สำหรับประสิทธิภาพในการกำจัดสารโทลูอีนโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสงประสิทธิภาพการกำจัดสารดีที่สุดที่ความเข้มแสงยูวี 4.5 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เวลาการกำจัดสาร 180 นาที ประสิทธิภาพที่ร้อยละ 39.13

สีหราช ลาภเกิน และคณะ (2013) การศึกษานี้ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ผสมสารยึดติดชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ Polyethylene Glycol น้ำหนักโมเลกุล 1,000 (PEG-1000) หรือ Polyvinyl Alcohol (PVA) หรือ Silane-69 ในอัตราส่วน 1 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับ 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้พ่นสเปรย์ลงบนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชุดละ 3 หลอด นำไปติดในห้องจำลอง ขนาด 2 x 2 x 2 ลูกบาศก์เมตร เพื่อศึกษาความสามารถในการกำจัดเชื้อแบคทีเรีย Escherichia Coli ที่พ่นเข้าไปในห้องจำลองอย่างต่อเนื่องนาน 2 ชั่วโมง ในชั่วโมงแรกเป็นการศึกษาจำนวน E. coli ขณะที่ยังไม่มีการเปิดหลอดไฟ เปรียบเทียบกับจำนวน E. coli ในชั่วโมงที่สองซึ่งเปิดหลอดไฟ โดยเก็บตัวอย่าง E. coli ในอากาศด้วย Impactor ที่ระดับความสูง 1.5 เมตร ทุกๆ 10 นาที นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบกับหลอดไฟที่ไม่เคลือบและหลอดไฟที่เคลือบเฉพาะสารยึดติดที่ไม่มีไททาเนียมไดออกไซด์ ทั้งหมดศึกษาอย่างละ 3 ซ้ำ ผลการศึกษาเมื่อใช้หลอดไฟที่ไม่เคลือบ พบว่า E. coli ในห้องลดลงเฉลี่ย ร้อยละ 29 ส่วนหลอดไฟที่เคลือบเฉพาะสารยึดติด พบว่า E. coli ลดลงร้อยละ 23-33 (ขึ้นกับชนิดของสารยึดติดที่ใช้) แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นหลอดไฟเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ผสมร้อยละ 3 PEG-1000 พบ E. coli ลดลงสูงสุดร้อยละ 84 รองลงมาได้แก่การใช้ร้อยละ 3 PVA และ ร้อยละ 1 PVA ที่ลด E. coli ได้ ร้อยละ 71 และร้อยละ 69 ตามลำดับ ขณะที่การเคลือบหลอดไฟด้วย ร้อยละ 1 ของ PEG-1000 สามารถลด E. coli ได้ ร้อยละ

63 ส่วน ร้อยละ 1 ของ Silane-69 และ ร้อยละ 3 ของ Silane-69 มีประสิทธิภาพในการลด E. coli ได้ต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 57 และ ร้อยละ 53 ตามลำดับ

พรรณิกา วนะรมย์ และคณะ (2555) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟอกอากาศโฟโตคะตะไลติกในการกำจัดแบคทีเรีย S. epidermidis ในอากาศโดยทำการทดลองในห้องทดลองจำลองขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร (1,000 ลิตร) ในสภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิคงที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60 ± 5 ในการทดลองใช้แผ่นฟอกอากาศที่มีปริมาณของธาตุซิลิกอนออกไซด์และไททาเนียมไดออกไซด์ร้อยละ 54.67 และ 33.07 โดยน้ำหนักขนาด 0.23 ตารางเมตร ช่วงเวลาทำปฏิกิริยา 120 นาที ทำการแปรเปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสง 2 ประเภทที่ความเข้มแสงแตกต่างกัน ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์ความเข้มแสง 3.6 6.9 และ 9.2 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และหลอดแบล็คไลท์ความเข้มแสง 119 233 และ 300 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ผลการทดลองพบว่า หลอดแบล็คไลท์ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย S. epidermidis ในอากาศได้ดีกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยแสงจากหลอดแบล็คไลท์ที่ความเข้มแสง 300 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 81.84 ส่วนแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ความเข้มแสง 9.2 ไมโครวัตต์ตารางเซนติเมตร ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 64.15

จีราภรณ์ ดำจันทร์ (2551) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพัฒนาสารเคลือบผิวที่มีไททาเนียมไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบโดยใช้สารโด๊พบางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิคพบว่าอิทธิพลต่างๆที่มีผลกระทบต่อสารเคลือบผิว คือ อิทธิพลของอุณหภูมิ พบว่าอุณหภูมิในการเผามีอิทธิพลต่อการเกิดเฟสต่างๆของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ซึ่งเฟสอนาเทสเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 300-600 องศาเซลเซียส และเกิดเฟสผสมระหว่างอนาเทสและรูไทล์ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ขนาดของผลึกใหญ่ขึ้น

พินิจ เอี่ยมสะอาด และคณะ (2559) ในงานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีโซลเจล ซึ่งศึกษาชนิดของเบสที่ใช้ในการสังเคราะห์ 3 ชนิด คือ NaOH Na_2CO_3 และ NH_4OH รวมทั้งยังนำไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้ไปทดสอบสมบัติทางเคมีด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น X-Ray Diffractometry (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM), Fourier-Transformed Infrared Spectrophotometry (FT-IR), Diffused Reflectance Ultravioletvisible Spectroscopy (DRS) และหาปริมาณของไฮดรอกซิลด้วยเครื่องฟลูออเรสเซนต์ จากผล XRD พบว่าเป็นผงไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้มีความเป็นผลึกน้อยมากเป็นอสันฐาน ส่วนสันฐานวิทยาของผงไททาเนียมไดออกไซด์ที่สังเคราะห์ได้เป็นทรงกลมขนาดนาโนเมตรที่มีการรวมตัวเป็นก้อนใหญ่ จากผล FT-IR พบลักษณะเฉพาะที่แสดงแถบการยืดของพันธะ Ti-O และพื้นผิวมีหมู่ไฮดรอกซิลมาก สำหรับการศึกษาความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโดยใช้แสงในการสลายสีย้อมเมทิลลีนบลูภายใต้แสงยูวี พบว่าไททาเนียมไดออกไซด์ที่เตรียมด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีประสิทธิภาพในการสลายเมทิลลีนบลูต่ำกว่าไททาเนียมไดออกไซด์ ที่

เตรียมด้วยเบสตัวอื่น เนื่องจากผลิตไฮดรอกซิลน้อยกว่าสภาวะอื่น นอกจากนี้ศึกษาความคงทนแสงของผงสีธรรมชาติโดยใช้ผงไททาเนียมไดออกไซด์ เป็นสารดูดกลืนรังสียูวี พบว่าไททาเนียมไดออกไซด์ ที่เตรียมด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ช่วยเพิ่มความคงทนแสงของผงสีธรรมชาติได้ดีที่สุด

กรกนก อุบลชลเขต และคณะ (2558) ผงไททาเนียมไดออกไซด์ (Pure TiO_2) และผงไททาเนียมไดออกไซด์โด๊พเงิน (TiO_2-Ag) ได้สังเคราะห์ด้วยกรรมวิธีโซล-เจลและตกตะกอน เพื่อศึกษาผลของปริมาณเงินต่อขนาดอนุภาคและลักษณะรูปร่างของผงไททาเนียมไดออกไซด์โดยได้ทำการศึกษาที่ปริมาณเงิน 1-5 เปอร์เซ็นต์โมล จากการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคและลักษณะรูปร่างของผงไททาเนียมไดออกไซด์และผงไททาเนียมไดออกไซด์โด๊ปเงินด้วยเทคนิค Transmission Electron Microscopy (TEM) ลักษณะพื้นผิว โครงสร้างผลึกค่าแถบพลังงาน และการยืนยันการคงอยู่ของธาตุได้วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning Electron Microscopy (SEM), X-ray Diffraction (XRD), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) และ UV-vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) พบว่าขนาดอนุภาคของผง TiO_2-1Ag และ TiO_2-3Ag มีขนาด ใหญ่กว่า pure TiO_2 ตัวอย่างที่สังเคราะห์ทุกตัวอย่างมีโครงสร้างแบบอนาเทส และมีความเป็นผลึกสูง ขณะที่ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงของผงไททาเนียมไดออกไซด์โด๊พเงินเคลื่อนไปทางช่วงคลื่นแสงสีแดงและค่าแถบพลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณของเงินที่เติมลงไปมีปริมาณมากขึ้นจากปริมาณเงิน 1-5 เปอร์เซ็นต์โมล

Li et al. (2005) ศึกษาผลของการเคลือบของไททาเนียมไดออกไซด์บนคาร์บอน (Active Carbon) เพื่อเพิ่มปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติก โด๊พด้วย Zinc Ferrite (Tio_2 ($ZnFe_2O_4$) โดยเตรียมไททาเนียมไดออกไซด์จากวิธี Sol-Gel และใช้อุณหภูมิในเผา 400 500 และ 600 องศาเซลเซียส ทดสอบสลายตัว Methyl Orange (MO) พบว่าที่ 400 องศาเซียลเซียส ผง TiO_2 ($ZnFe_2O_4$) จะแสดงปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติกได้ดีกว่าเผาที่อุณหภูมิอื่นๆ และมีขนาดผลึกใหญ่ขึ้น พื้นที่ผิวลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ประจุที่ผิว (Surface Charge) โดยพื้นที่ผิวส่งผลถึงการดูดซับ MO บน TiO_2 ($ZnFe_2O_4$) ที่เป็นแคตะลิสต์ ดังนั้นที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส TiO_2 ($ZnFe_2O_4$) จะแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาโฟโตแคตะไลติกได้ดีที่สุด

ณฐิตา เหมะวิริยาพรวัฒนา และคณะ (2010) งานวิจัยศึกษาผลของความหนาผิวเคลือบพอลิยูริเทนและปริมาณผงไททาเนียมไดออกไซดในผิวเคลือบ ที่มีตอสมบัติการสะท่อนรังสีอาทิตยและการยึดเกาะของแผนวัสดุผสมยางธรรมชาติและขี้เลื่อยไม โดยเติมปริมาณผงไททาเนียมไดออกไซด ที่ 1 3 5 7 9 และ 15 สวนตอน้ำาหนักสารพอลิยูริเทน 100 สวน และปรับเปลี่ยนความหนาผิวเคลือบพอลิยูริเทนที่ 130 150 200 250 และ 300 ไมครอน ผลการทดลอง พบวาคาสะทอนรังสีอาทิตยของผิวเคลือบพอลิยูริเทนของวัสดุผสม ยางธรรมชาติผสมผงขี้เลื่อยไมมีคาเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงไททาเนียม แตไมเปลี่ยนแปลงตามความหนาของผิวเคลือบ นอกจากนี้ไมพบการหลุดลอกผิวเคลือบพอลิยูริเทนบนแผนวัสดุยางธรรมชาติ โดยผลการยึดเกาะซึ่งผานเกณฑมาตรฐาน และไมพบรอยแตกราวของผิวเคลือบพอลิยูริเทนหลังจากผานการดัดโคง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

การศึกษาแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 สร้างหน่วยดูดซับไอระเหยน้ำมันแบบเคลื่อนที่ได้ โดยใช้แผ่นอะคลิลิกใสขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 1 เมตร ดังรูปที่ 20 ขั้นตอนที่ 2 เตรียมสารเคลือบสำหรับวิธีการเคลือบ 2 แบบ ได้แก่ การเตรียมสารเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับวิธีพ่นเคลือบ กำหนดความเข้มข้นของสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร สำหรับการพ่นเคลือบใช้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร โดยการใช้ไททาเนียมเกรดการค้าปริมาณ 20 กรัมเป็นสารตั้งต้น ละลายในเอทานอลปริมาตร 10 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นทำการปรับปริมตรเป็น 400 มิลลิลิตร หลังจากนั้นปั่นกวนด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และสำหรับการเตรียมสารเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับวิธีจุ่มเคลือบ โดยกำหนดความเข้มข้นของสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร โดยการใช้ไททาเนียมเกรดการค้าปริมาณ 140 กรัมเป็นสารตั้งต้น ละลายในเอทานอลปริมาตร 70 มิลลิลิตร และน้ำกลั่นปริมาตร 2,800 มิลลิลิตร หลังจากนั้นปั่นกวนด้วยเครื่องกวนสารเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการกรองไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นสารละลายแขวนลอยได้จากขั้นตอนที่ 2 โดยนำไปเคลือบบนแผ่นกรองทางการค้าด้วยวิธีการจุ่มเคลือบและ พ่นเคลือบ โดยจะวิเคราะห์โครงสร้างโดยตรวจสอบคุณลักษณะของผงไททาเนียมไดออกไซด์อสัณฐานที่เป็นเกรดการค้าและแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM)) แล้วนำมาทดสอบการกรองไอระเหยน้ำมันและย่อยสลายไอระเหยน้ำมันภายใต้รังสียูวี ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบประสิทธิภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ โดยการฉายแสงยูวีซีลงบนแผ่นกรองเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

3.1 สารเคมี

3.1.1 ผงไททาเนียมไดออกไซด์ (อสัณฐานแบบอนาเทส จากบริษัท กรุงเทพเคมีภัณฑ์)

3.1.2 เอทานอล ความเข้มข้นที่ 95%

3.1.3 น้ำกลั่น

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำโครงงาน

3.2.1 แผ่นกรองทางการค้าชนิดอลูมิเนียม และคาร์บอน ขนาด 30×30 เซนติเมตร

3.2.2 หลอดไฟยูวีซี 9 วัตต์ จำนวน 3 หลอด

3.2.3 น้ำมันปาล์ม

3.2.4 ตู้อบ

3.2.5 เตาเผาอุณหภูมิสูง

3.2.6 ภาชนะรองรับการจุ่มเคลือบ

3.2.7 เครื่องเคลือบเสปรย์แบบพ่นฝอย (Air Brush) 3 บาร์

3.2.8 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM))

3.2.9 กล่องทึบแสง

3.3 การเตรียมสารละลายเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)

การเตรียมสารละลายแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์แบ่งเป็น 2 แบบตามการลักษณะการเคลือบ สามารถทำได้ดังนี้

3.3.1 การเตรียมสารละลายเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) แบบการพ่นเคลือบ

3.3.1.1 เตรียมผงไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าอัณฐานแบบอนาเทสสำหรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร โดยใช้ปริมาณ 20 กรัม ละลายในเอทานอล 10 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนถึงปริมาตร 400 มิลลิลิตร

3.3.1.2 นำสารที่เตรียมได้ตามอัตราส่วนดังข้อ 3.3.1.1 ใส่ลงในบีกเกอร์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร พร้อมทำการกวนสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสาร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.3.2 การเตรียมสารละลายเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) แบบการจุ่มเคลือบ

3.3.2.1 เตรียมผงไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าอัณฐานแบบอนาเทสสำหรับความเข้มข้นของสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร โดยใช้ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ 140 กรัม ละลายในเอทานอล 70 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 2,800 มิลลิลิตร

3.3.2.2 แบ่งการเตรียมสารละลายเป็น 2 บีกเกอร์ คือบีกเกอร์ขนาด 1,000 และ 1,800 มิลลิลิตร โดยบีกเกอร์ขนาด 1,000 มิลิลิตร ให้เตรียมผงไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าอัณฐานแบบอนาเทส ปริมาณ 50 กรัม ละลายในเอทานอล 25 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

3.3.2.3 ส่วนบีกเกอร์ขนาด 2,800 มิลลิลิตร ให้เตรียมผงไททาเนียมไดออกไซด์เกรดการค้าอัณฐานแบบอนาเทส ปริมาณ 90 กรัม ละลายในเอทานอล 45 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 1,800 มิลลิลิตร

3.3.2.4 นำสารที่เตรียมได้ตามอัตราส่วนดังข้อ 3.3.2.2 และ3.3.2.3 ทำการกวนสารละลายให้เข้ากันด้วยเครื่องกวนสาร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.4 การเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนแผ่นกรองทางการค้า

3.4.1 วิธีการจุ่มเคลือบ

3.4.1.1 เตรียมวัสดุฐานในการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองทางการค้าสองชนิดคือ แผ่นกรองคาร์บอนและแผ่นกรองอลูมิเนียมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเคลือบผิว

3.4.1.2 ทำการจุ่มแผ่นกรองทางการค้าทั้งสองชนิดลงในสารลายไททาเนียมไดออกไซด์โดยที่ละลายผงไททาเนียมไดออกไซด์ในเอทานอล 2,800 มิลลิลิตร โดยที่ใช้ผงไททาเนียมที่ 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร (Yasutaka et al., 1990)

3.4.1.3 ทำการเคลือบ 3 ชั้นเคลือบ จากนั้นตั้งแผ่นกรองทางการค้าให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3.4.1.4 ทำการอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.4.1.5 นำแผ่นกรองที่ผ่านการอบให้แห้งไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อคำนวณหาปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองจาก (พลอย สุจริตธรรม และคณะ, 2555)

$$\text{ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรอง (กรัม/ตารางเมตร)} = \frac{\text{น้ำหนักแผ่นกรองหลังเคลือบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักแผ่นกรองก่อนเคลือบ (กรัม)}}{\text{พื้นที่ผิวแผ่นกรอง (ตารางเมตร)}}$$

3.4.2 วิธีการสเปรย์เคลือบ

3.4.2.1 เตรียมวัสดุฐานในการทดลองนี้ใช้แผ่นกรองทางการค้าทั้งสองชนิดคือ แผ่นกรองคาร์บอนและแผ่นกรองอลูมิเนียมเพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการเคลือบผิว

3.4.2.2 ทำการเคลือบแผ่นกรองทางการค้าทั้งสองชนิด โดยการบรรจุสารละลายไททาเนียมไดออกไซด์ลงในเครื่องพ่นฝอย (Air Spray Gun) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เพื่อทำการเคลือบ โดยให้ระยะห่างระหว่างหัวสเปรย์กับแผ่นกรองห่างกัน 30 เซนติเมตร (ณฐิตา เหมะวิริยาพรวัฒนา และคณะ ,2010) ใช้แรงดันลมที่ใช้ในการพ่นฝอย 3 บาร์ (Mohammed A., et al. Gondal. ,2014)

3.4.2.3 หลังจากทำการเคลือบ ตั้งแผ่นกรองทางการค้าให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นทำการอบด้วยตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทำการชั่งน้ำหนัก

3.4.2.4 ทำการเคลือบ 3 ครั้ง

3.4.2.5 นำแผ่นกรองที่ผ่านการอบให้แห้งไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อคำนวณหาปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองจาก (พลอย สุจริตธรรม และคณะ, 2555)

ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรอง (กรัม/ตารางเมตร)

$$= \frac{\text{น้ำหนักแผ่นกรองหลังเคลือบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักแผ่นกรองก่อนเคลือบ (กรัม)}}{\text{พื้นที่ผิวแผ่นกรอง (ตารางเมตร)}}$$

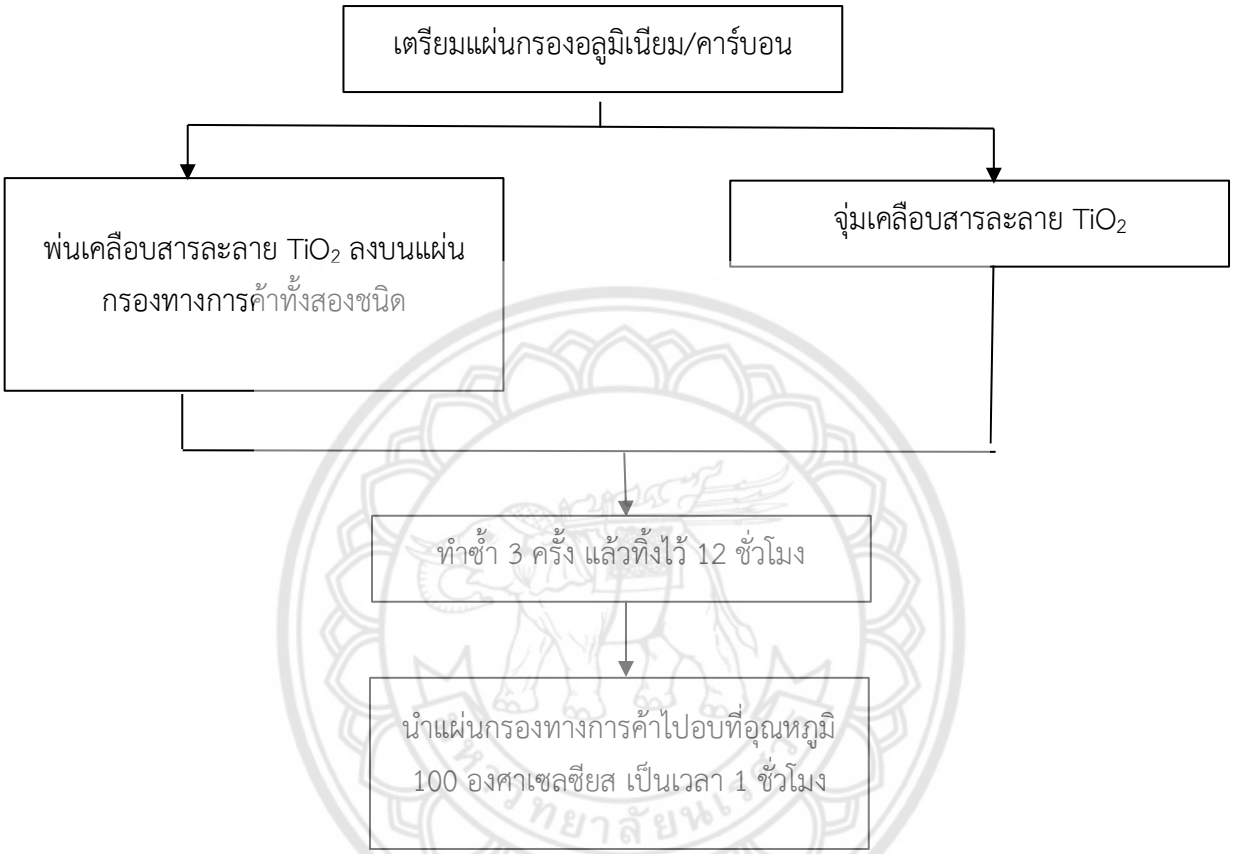
3.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์

การวิเคราะห์คุณสมบัติของตัวเร่งปกิกิริยาไททาเนียมไดออกไซด์ที่ได้จากการสังเคราะห์จะถูกนำมาวิเคราะห์หาลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope (SEM))

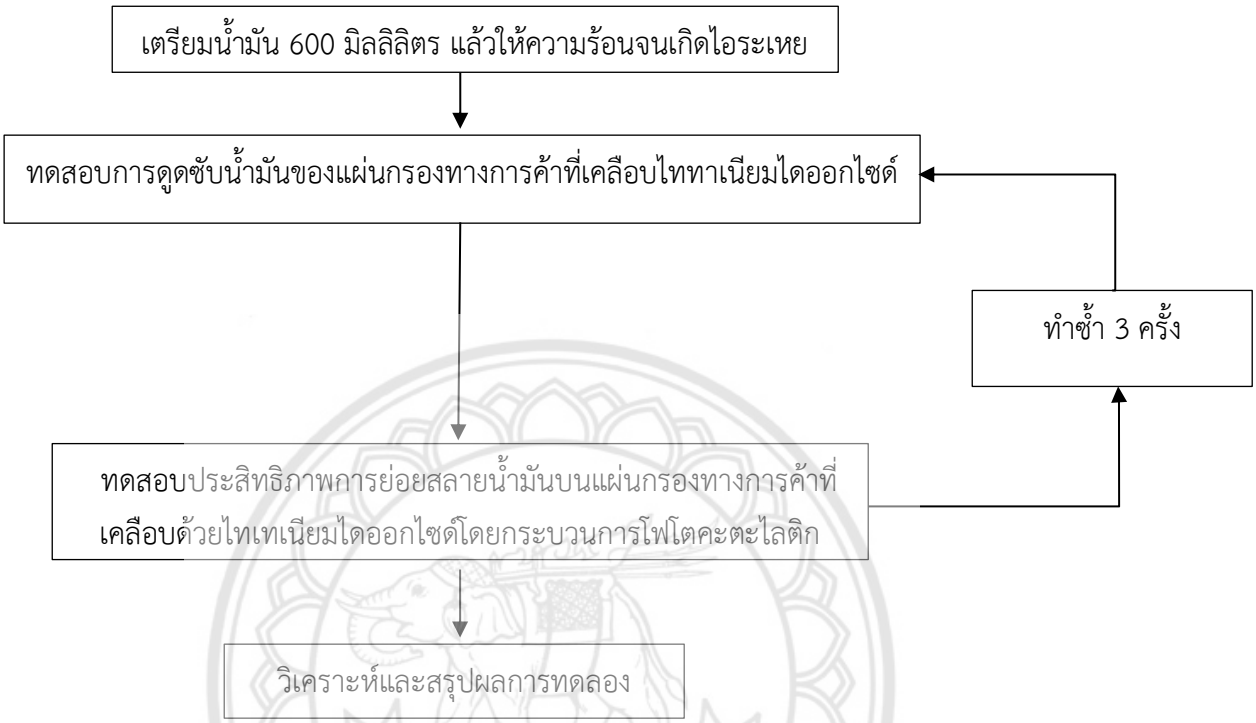
3.6 กระบวนการทดสอบการดูดซับของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์

น้ำมันที่ใช้ในการทดสอบการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ คือ น้ำมันปาล์ม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่น้ำมันเกิดการระเหย เพื่อทำให้น้ำมันเกิดการระเหย โดยที่ไอระเหยน้ำมันจะถูกดูดผ่านแผ่นกรองด้วยพัดลมดูดอากาศ ทำการทดสอบเป็นเวลา 180 นาที เพื่อทดลองการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้า จากนั้นทำการย่อยสลายไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้หลอดไฟยูวีซี จำนวน 3 หลอดในกล่องทึบแสง ในการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อนำแผ่นกรองทางการค้ามาทดสอบการดูดซับไอระเหยน้ำมันอีกครั้งโดยหน่วยการกรองอากาศที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 17 และแผนการทดลองการดูดซับแสดงดังรูปที่ 18

รูปที่ 17 หน่วยการกรองอากาศ



รูปที่ 18 การเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า



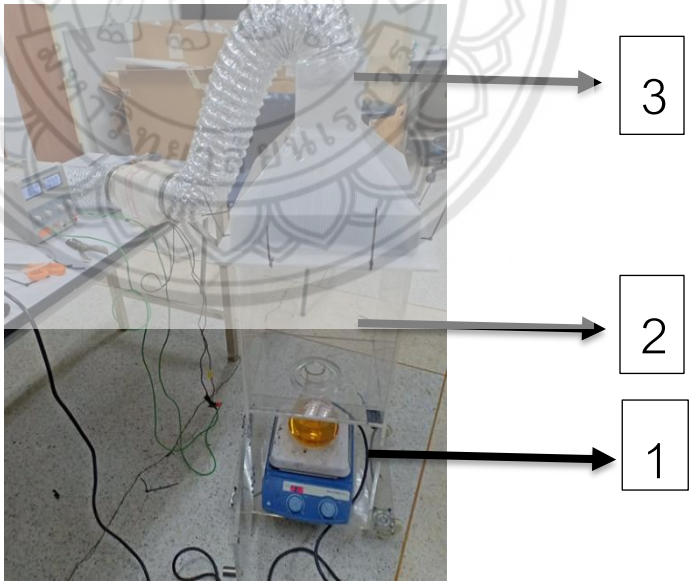
รูปที่ 19 แผนการทดลองการดูดซับไอระเหยน้ำมัน

บทที่ 4
ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาการดูดซับไอระเหยน้ำมันบนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ในหน่วยกรองอากาศแบบเคลื่อนที่ได้ แผ่นกรองอากาศที่ใช้ในการศึกษา มี 2 ชนิด คือ แผ่นกรองอลูมิเนียม และแผ่นกรองคาร์บอน วิธีเคลือบที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบ มี 2 วิธี คือ การเคลือบแบบจุ่มเคลือบและการเคลือบแบบพ่นฝอย ทดสอบประสิทธิภาพของแผ่นกรองดังกล่าวด้วยการทดสอบการดูดซับไอระเหยน้ำมันและทำการนำกลับมาใช้ใหม่โดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ผลการทดลองดังนี้

4.1 สร้างหน่วยการกรองอากาศแบบเคลื่อนที่ได้

หน่วยการกรองอากาศที่ใช้ในการทดลองดูดซับไอระเหยน้ำมันทำจากแผ่นอะคลิลิคใสมีขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และ สูง 1 เมตร ประกอบด้วย 3 ส่วน แสดงดังรูปที่ 20 คือ ส่วนที่ 1 เป็นตำแหน่งวางเครื่องกวนสาร สำหรับให้ความร้อนแก่น้ำมันในขวดรูปชมพู่ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ส่วนที่ 2 เป็นตำแหน่งของไอระเหยขาเข้าซึ่งด้านบนใช้สำหรับวางแผ่นกรองอากาศ และส่วนที่ 3 คือ ส่วนไอระเหยขาออกโดยมีท่อสำหรับต่อเข้ากับพัดลมดูดอากาศ



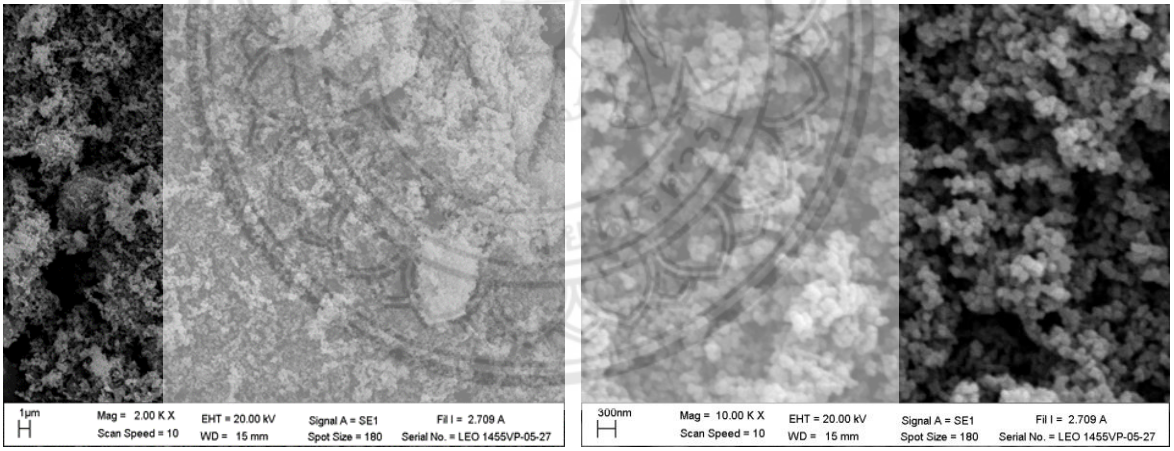
รูปที่ 20 หน่วยการกรองอากาศแบบเคลื่อนที่ได้

พัดลมดูดอากาศจะทำการต่อเข้ากับหน่วยการกรองอากาศจากทางส่วนที่ 3 เพื่อทำการดูดไอระเหยน้ำมันผ่านแผ่นกรองอากาศจากส่วนที่ 2 โดยที่พัดลมดูดอากาศต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) ซึ่งทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับพัดลมดูดอากาศ เพื่อแปลงไฟจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง 9 โวลต์ ในการทดลองนี้

4.2 การเคลือบสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศด้วยวิธีจุ่มเคลือบ (Dip Coating)

4.2.1 ลักษณะทางกายภาพและการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์

ในการศึกษาการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ถูกเคลือบลงบนแผ่นกรองอากาศทางการค้าด้วยวิธีการจุ่มเคลือบจะพิจารณาลักษณะทางกายภาพของแผ่นกรองหลังการจุ่มเคลือบและลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ซึ่งลักษณะของไททาเนียมไดออกไซด์ที่วิเคราะห์จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) จะเห็นได้ว่า อนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์นั้นมีขนาดอนุภาคประมาณ 150 นาโนเมตร เกาะกลุ่มกันอยู่ในลักษณะของผงอนุภาคที่มีสีขาว แสดงดังรูปที่ 21



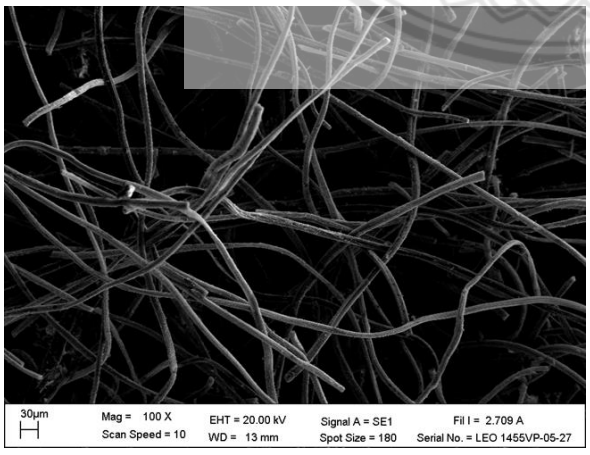
(ก) กำลังขยาย 2000 เท่า (ข) กำลังขยาย 10000 เท่า

รูปที่ 21 SEM ของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์

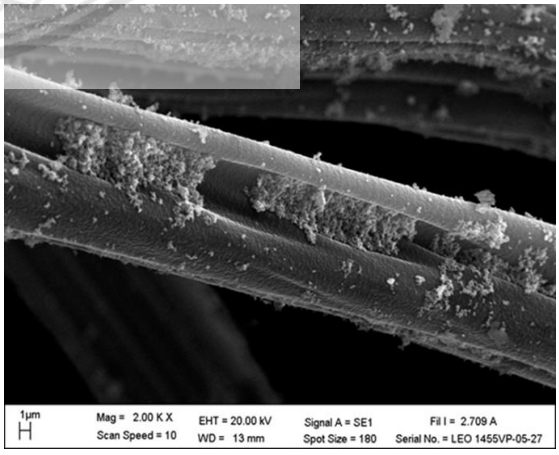
เมื่อนำไททาเนียมไดออกไซด์ไปละลายกับเอทานอลและน้ำในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตรจะมีลักษณะที่เป็นสารแขวนลอยสีขาวขุ่น หลังจากทำการจุ่มเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนแผ่นกรองคาร์บอนและแผ่นกรองอลูมิเนียม จำนวน 3 ครั้ง พบว่าแผ่นกรองคาร์บอนมีการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์สังเกตจากมีอนุภาคสีขาวติดอยู่บนแผ่นกรอง ดังรูปที่ 22 และเมื่อนำแผ่นกรอง

คาร์บอนที่ผ่านการจุ่มเคลือบมาศึกษาลักษณะทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด เพื่อดูพื้นผิวของแผ่นกรองหลังการจุ่มเคลือบ จากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่กำลังขยาย 100 เท่า ของแผ่นกรองคาร์บอน แสดงดังรูปที่ 23 พบว่าภายในแผ่นกรองคาร์บอนมีจำนวนเส้นใยจำนวนมากไขว้กันแต่ไม่หนาแน่น เนื่องมาจากคุณสมบัติของแผ่นกรองคาร์บอน มีความเปราะง่าย เมื่อทำการจุ่มเคลือบทำให้มีเนื้อของแผ่นกรองหลุดออกมา สังเกตได้จากผงสีดำที่หลุดออกมาในสารเคลือบแขวนลอยในระหว่างการเคลือบ และเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า แสดงให้เห็นว่ามีอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ติดที่เส้นใยของแผ่นกรองคาร์บอน ในลักษณะการกระจายตัวทั่วเส้นใย สังเกตได้จากอนุภาคสีขาวที่ติดบนเส้นใยแสดงถึงปริมาณการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์

รูปที่ 22 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองคาร์บอนโดยวิธีแบบจุ่มเคลือบ



(ก) กำลังขยาย 100 เท่า

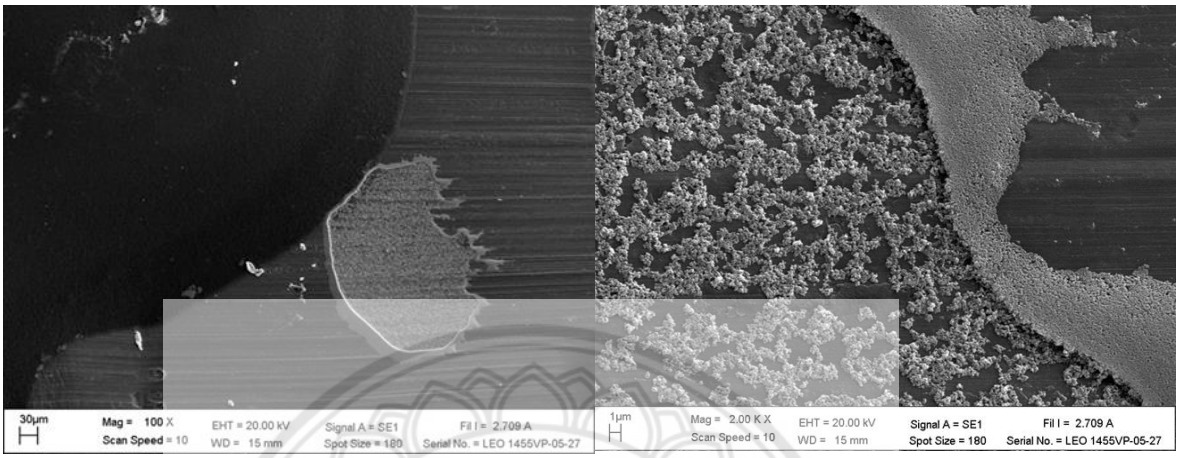


(ข) กำลังขยาย 2,000 เท่า

รูปที่ 23 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองคาร์บอนหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

สำหรับแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังเคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ พบว่าหลังจากการทำทดลองการเคลือบและระหว่างที่ปล่อยทิ้งให้แผ่นกรองแห้ง แรงโน้มถ่วงของโลกทำให้สารแขวนลอยที่มีลักษณะเป็นหยดน้ำติดอยู่บนแผ่นกรองไหลลงมาด้านล่างของแผ่นกรอง แสดงดังรูปที่ 24 ทำให้มีการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์ไม่กระจายสม่ำเสมอทั่วแผ่นกรองอลูมิเนียม และเมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) แสดงดังรูปที่ 25 ที่กำลังขยาย 100 เท่า จะเห็นได้ว่าผิวของแผ่นกรองอลูมิเนียมมีไททาเนียมไดออกไซด์ติดเป็นบางส่วนไม่ทั่วแผ่นกรอง และเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า จะเห็นได้ว่าการกระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์นั้น เป็นกลุ่มก้อนไม่สม่ำเสมอเนื่องมาจากคุณสมบัติของแผ่นกรองอลูมิเนียมนั้น มีความมันวาว จึงทำให้การยึดเกาะเกิดขึ้นได้ไม่ดีนัก นอกจากนี้การจุ่มเคลือบมีอัตราการระเหยตัวทำละลายเอทานอลช้า ทำให้อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ยึดติดและกระจายตัวบนแผ่นกรองได้น้อย

รูปที่ 24 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นอลูมิเนียมโดยวิธีแบบจุ่มเคลือบ



(ก) กำลังขยาย 100 เท่า (ข) กำลังขยาย 2,000 เท่า

รูปที่ 25 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

4.2.2 ปริมาณสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้า

ในการเปรียบเทียบความสามารถในการกำจัดน้ำมันบนแผ่นกรองของแผ่นกรองอากาศทั้งสองชนิด จำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองให้เท่ากัน โดยแผ่นกรองคาร์บอนและแผ่นกรองอลูมิเนียม ใช้ปริมาณความเข้มข้นสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร เมื่อทำการเคลือบโดยใช้วิธีจุ่มเคลือบทำให้มีปริมาณสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้า ดังตารางที่ 6 จะเห็นว่าปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองคาร์บอนมีมากกว่าแผ่นกรองอลูมิเนียมเนื่องจากแผ่นกรองคาร์บอนมีจำนวนเส้นใยจำนวนมากไขว้กัน ส่งผลให้อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์กระจายไปทั่วเส้นใยของแผ่นกรองอย่างหนาแน่นและทั่วทั้งแผ่นกรอง

ตารางที่ 6 ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

ครั้งที่	ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า (กรัม/ตารางเมตร)	
	อลูมิเนียม	คาร์บอน
1	0.00889	0.04543
2	0.00407	0.02419

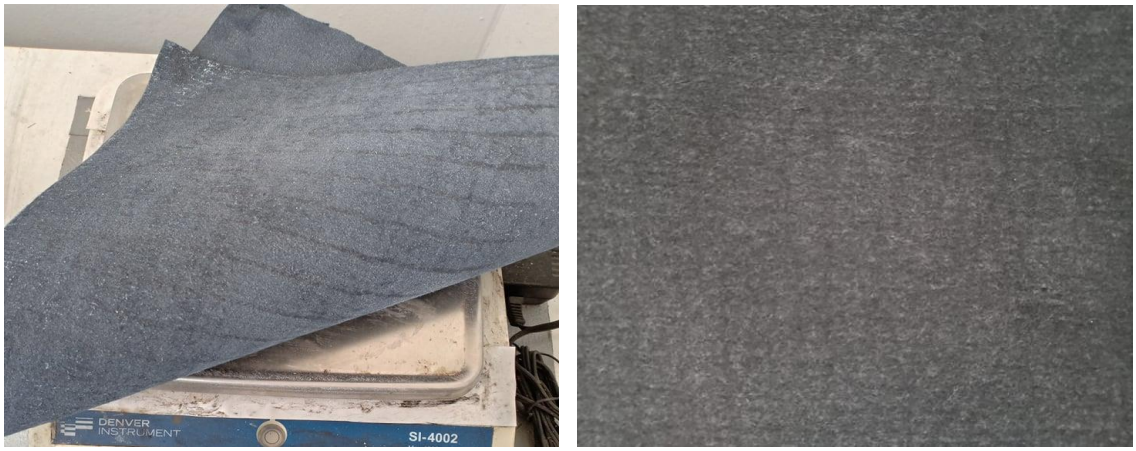
3	0.00111	0.02272

จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่อทำการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ครั้งที่ 1 2 และ 3 บนแผ่นกรองทั้ง 2 ชนิด ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ที่ยึดติดบนแผ่นกรองลดลงตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพื้นผิวส่วนใหญ่ของแผ่นกรองมีไททาเนียมไดออกไซด์ยึดติดตั้งแต่รอบแรกของการจุ่มเคลือบ รอบต่อไปของการเคลือบจึงมีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ยึดติดน้อยลง และยังแสดงให้เห็นว่า การจุ่มเคลือบจำนวน 3 รอบก็เพียงพอต่อการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรอง

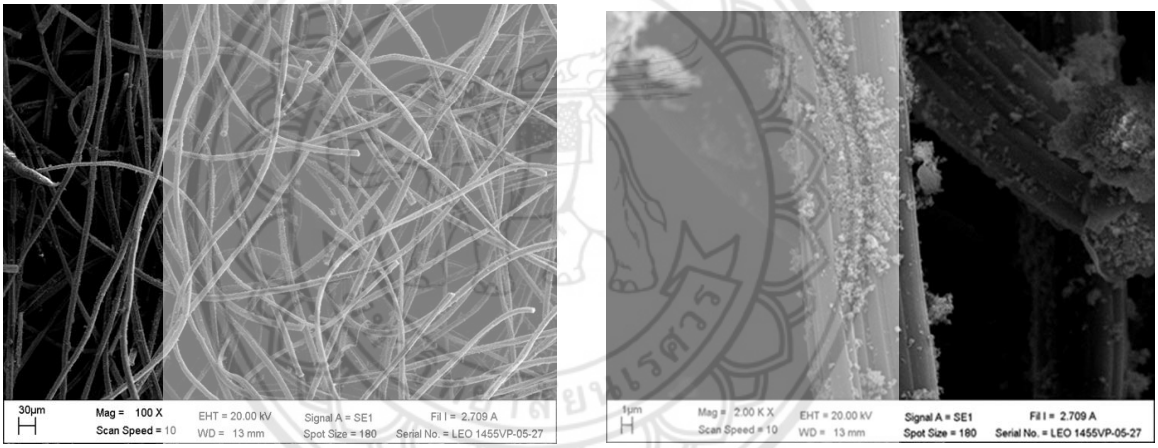
4.3 การเคลือบสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศด้วยวิธีพ่นฝอย (Spray Coating)

4.3.1 ลักษณะทางกายภาพและการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของแผ่นกรองคาร์บอนที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีเคลือบแบบพนฝอย โดยการใช้ Air Spray Gun ในการพ่นสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยแรงดันลม 3 บาร์ หลังจากทำการเคลือบ 3 ครั้ง จะเห็นว่าบนแผ่นกรองคาร์บอนที่ผ่านการเคลือบแบบพ่นฝอยมีอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นสีขาวติดอยู่บนแผ่นกรอง แสดงดังรูปที่ 26 และเมื่อทำการวิเคราะห์การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยการศึกษาลักษณะทางกายภาพหลังจากการพ่นเคลือบ พิจารณาจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) จะเห็นว่าภายในแผ่นกรองคาร์บอนมีจำนวนเส้นใยจำนวนมากไขว้กันและมีความหนาแน่นมากกว่าแบบวิธีจุ่มเคลือบ เนื่องมาจากการพ่นเคลือบนั้นมีแรงกระทำทางกลน้อยกว่าจึงทำให้เนื้อแผ่นกรองหลุดออกมาน้อยกว่าวิธีการจุ่มเคลือบ และเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ที่กำลังขยาย 100 และ 2,000 เท่า ดังแสดงในรูปที่ 27 จะเห็นได้ว่า การกระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์บนเส้นใยนั้นมีลักษณะกระจายตัวสม่ำเสมอรอบเส้นใย ซึ่งสังเกตได้จากอนุภาคสีขาวที่ติดบนแผ่นกรองที่เรียบสม่ำเสมอ เนื่องจากแรงลมที่มากระทำต่อสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ทำให้อนุภาคเกิดการกระจายตัวและแห้งเร็ว จึงทำให้เกิดการยึดเกาะของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์กระจายตัวทั่วทั้งแผ่นกรองซึ่งลักษณะของผงสีขาว แสดงถึงความมีอยู่หรือการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์



รูปที่ 26 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองคาร์บอนโดยวิธีแบบพ่นเคลือบ

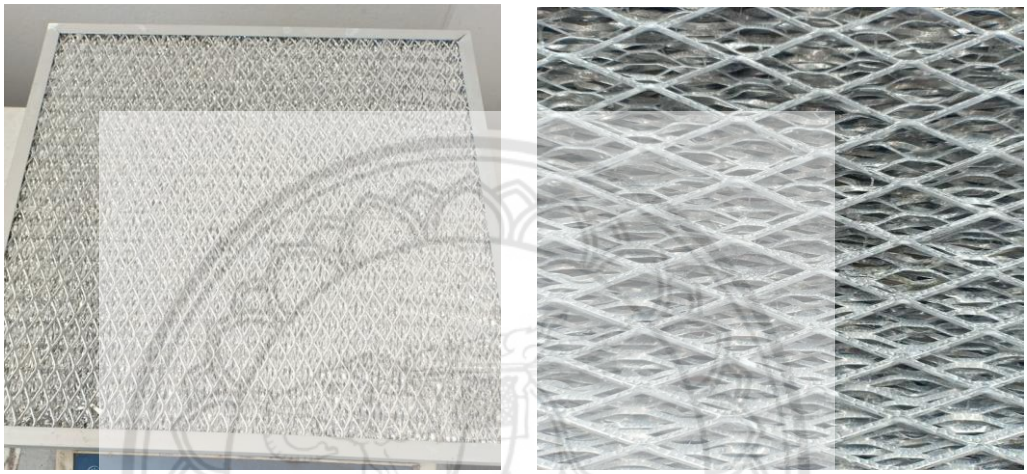


(ก) กำลังขยาย 100 เท่า (ข) กำลังขยาย 2,000 เท่า

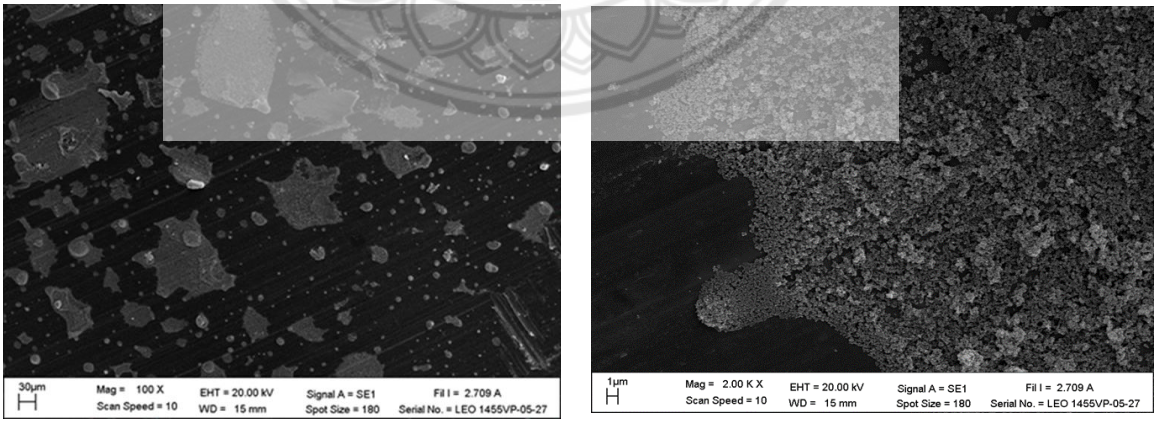
รูปที่ 27 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองคาร์บอนหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นเคลือบ

พิจารณาแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังเคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นเคลือบ จะเห็นว่าแผ่นกรองอลูมิเนียมมีอนุภาคสีขาวติดอยู่บนแผ่นกรองซึ่งมีลักษณะการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์ทั่วทั้งแผ่นกรอง แสดงดังรูปที่ 28 และเมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของแผ่นกรองอลูมิเนียมจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) แสดงดังรูปที่ 29 ที่กำลังขยาย 100 เท่า จะเห็นได้ว่าผิวของแผ่นกรองอลูมิเนียมมีอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ติดอยู่บนแผ่นกรองและมีกระจายตัวของอนุภาคของไททาเนียมไดออกไซด์ทั่วทั้งแผ่นกรอง และเมื่อพิจารณาที่กำลังขยาย 2,000 เท่า จะเห็นได้ว่าการ

กระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์นั้นกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอเมื่อเปรียบเทียบกับการจุ่มเคลือบ พบว่าการเคลือบแบบพ่นเคลือบมีการกระจายตัวที่ดีกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการพ่นเคลือบมีแรงอัดฉีดของสารเคลือบแขวนลอยกระจายเป็นละอองฝอยออกจากหัวฉีด เมื่อสารเคลือบกระทบกับตัวแผ่นกรองทำให้เกิดการแห้งอย่างรวดเร็วกว่าแบบจุ่มเคลือบ เนื่องจากเทคนิคการพ่นเคลือบมีอัตราการระเหยตัวทำลายเอทานอลได้ดีกว่า ทำให้ไททาเนียมไดออกไซด์ยึดติดและกระจายตัวบนแผ่นกรองอลูมิเนียมได้ดีกว่า



รูปที่ 28 การยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอลูมิเนียมโดยวิธีแบบพ่นเคลือบ



(ก) กำลังขยาย 100 เท่า (ข) กำลังขยาย 2,000 เท่า

รูปที่ 29 SEM แสดงพื้นผิวแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นเคลือบ

4.3.2 ปริมาณสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้า

ปริมาณสารไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอากาศเกรดการค้าโดยการเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอยแสดงดังตารางที่ 7 พบว่าปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอลูมิเนียมมีมากกว่าแผ่นกรองคาร์บอน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเส้นใยบนแผ่นกรองคาร์บอนมีความเปราะจึงอาจหลุดไปในระหว่างกระบวนการเคลือบจึงทำให้น้ำหนักที่ได้มีค่าน้อย

ตารางที่ 7 ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอย

ครั้งที่	ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า (กรัม/ตารางเมตร)	
	อลูมิเนียม	คาร์บอน
1	0.00469	0.00062
2	0.00272	0.00679
3	0.00271	0.00148

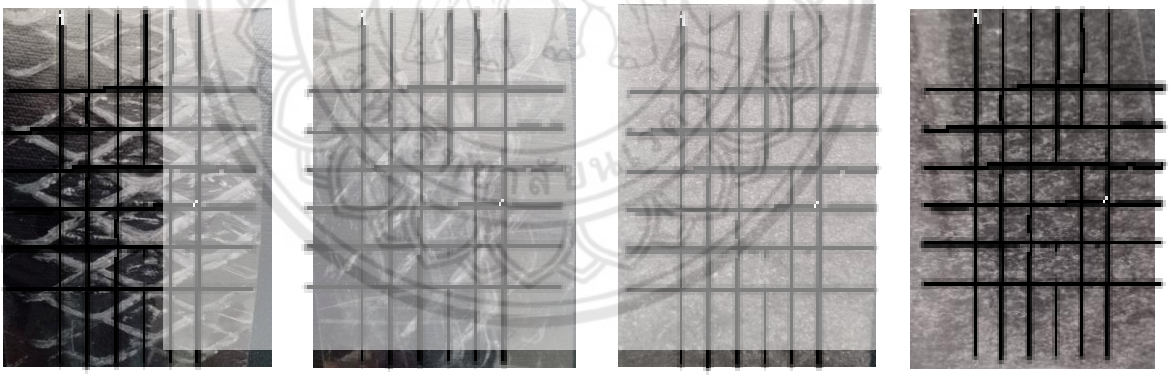
เมื่อเปรียบเทียบตารางที่ 6 และ 7 พบว่าปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์มีมากในกรณีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ แต่ไททาเนียมไดออกไซด์ที่ติดบนแผ่นกรองด้วยวิธีดังกล่าวไม่กระจายตัวบนแผ่นกรอง ทำให้คุณสมบัติการกระจายตัวอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองไม่มีความสม่ำเสมอ ดังนั้นแม้มีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ติดมากแต่เป็นวิธีการเคลือบที่ไม่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นกรอง

เมื่อเปรียบเทียบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าด้วยวิธีการเคลือบ 2 วิธี คือ 1. วิธีจุ่มเคลือบ 2. วิธีพ่นฝอย จะเห็นว่าการกระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอลูมิเนียมที่เคลือบด้วยวิธีพ่นฝอยมีการกระจายตัวที่ดีกว่าวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ วิเคราะห์ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้าจะเห็นว่าวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบมีปริมาณที่มากกว่าเนื่องจากอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ไปติดตามขอบของกรอบแผ่นกรองมากกว่าไปติดที่ผิวของแผ่นกรอง ส่วนแผ่นกรองคาร์บอนมีลักษณะการกระจายตัวที่ดีทั้งการเคลือบแบบจุ่มเคลือบและวิธีเคลือบแบบพ่นฝอยแต่จะเห็นว่าวิธีจุ่มเคลือบมีปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองที่มากกว่าแบบพ่นฝอย อย่างไรก็ตามการกระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ที่สม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญในการเตรียมแผ่นกรองก่อนการใช้งาน

4.4 การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวแผ่นกรองทางการค้า

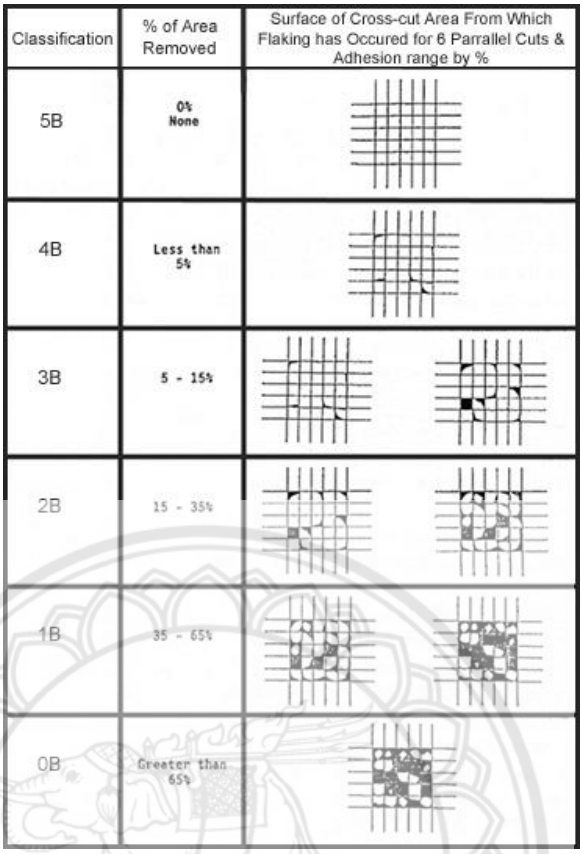
การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวแผ่นกรองทางการค้านั้นจะใช้มาตรฐาน ASTM D3359 (Standard Test Method For Methods For Measuring Adhesion By Tape Test)

โดยใช้เทปกาว 3M วางแปะที่ชิ้นงานที่จะทดสอบ แล้วใช้นิ้วถูเพื่อให้ติดแน่น จากนั้นดึงเทปกาวออก แล้วอ่านผลโดยสังเกตด้วยตาเปล่าจากรูปที่ 30 เมื่อเทียบกับมาตรฐานจากรูปที่ 31 เมื่อพิจารณาการยึดเกาะไททาเนียมไดออกไซด์ของแผ่นกรองอลูมิเนียมด้วยการเคลือบทั้งสองวิธี จะเห็นได้ว่าแผ่นกรองทางการค้าชนิดอลูมิเนียมแบบพ่นเคลือบ ซึ่งอยู่ในคลาส 2B (หลุดออกร้อยละ 15-35) มีไททาเนียมไดออกไซด์หลุดออกมากกว่าแบบจุ่มเคลือบ ซึ่งอยู่ในคลาส 3B (หลุดออกร้อยละ 5-15) แสดงถึงความยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนผิวแผ่นกรองน้อย ซึ่งในความเป็นจริงนั้นการพ่นเคลือบทำให้อนุภาคกระจายตัวได้ดีและยึดเกาะดีกว่า แต่อันเนื่องมาจากการทำพ่นเคลือบทำซ้ำ 3 ครั้ง จึงทำให้ไททาเนียมไดออกไซด์มีการสะสมมากบนแผ่นกรอง ทำให้มีการหลุดออกของไททาเนียมไดออกไซด์มากกว่าการจุ่มเคลือบ นอกจากนี้หลังทำการทดสอบยังมีไททาเนียมที่ยังติดอยู่บนแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นเคลือบ และเมื่อพิจารณาการยึดเกาะไททาเนียมไดออกไซด์ของแผ่นกรองคาร์บอนด้วยการเคลือบทั้งสองวิธี จะเห็นได้ว่าแผ่นกรองทางการค้าชนิดคาร์บอนแบบพ่นเคลือบ ซึ่งอยู่ในคลาส 0B (หลุดออกมากกว่าร้อย 65) มีไททาเนียมไดออกไซด์หลุดออกมากกว่าแบบจุ่มเคลือบ ซึ่งอยู่ในคลาส 1B (หลุดออกร้อยละ 35-65) เนื่องมาจากคุณสมบัติของแผ่นกรองคาร์บอนนั้น มีความเปราะง่าย หลุดร่วงง่าย สังเกตได้โดยหลังการทดสอบไททาเนียมไดออกไซด์หลุดออกมาเกือบหมดบนแผ่นกรองคาร์บอน ทำให้ทราบได้ว่าวิธีการเคลือบนั้นมีผลต่อการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า



(ก) แผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นเคลือบ (ข) แผ่นกรองอลูมิเนียมแบบจุ่มเคลือบ (ค) แผ่นกรองคาร์บอนแบบพ่นเคลือบ (ง) แผ่นกรองคาร์บอนแบบจุ่มเคลือบ

รูปที่ 30 การทดสอบการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนพื้นผิวของแผ่นกรองทางการค้า โดยใช้มาตรฐาน ASTM D3359



รูปที่ 31 ระดับการหลุดของผิวเคลือบของวัสดุ ตามมาตรฐาน ASTM D3359
ที่มา: https://gardco.com/pages/adhesion/PATkit.cfm สืบค้นเมื่อ 25/04/62

4.5 ความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันและการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์

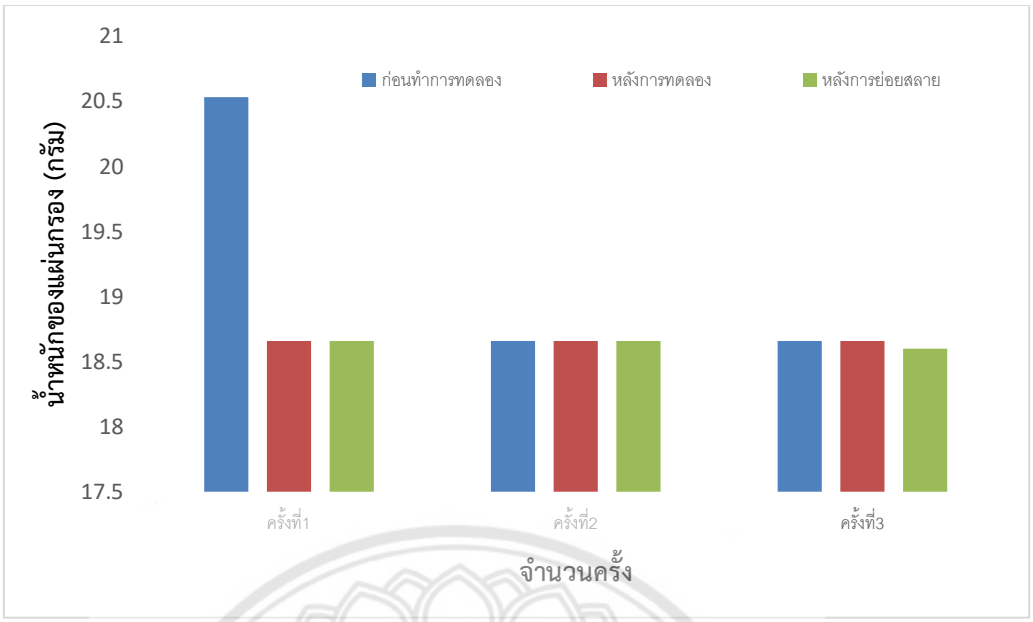
ในการศึกษาความสามารถการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์จะทำการประกอบแผ่นกรองที่ผ่านการเคลือบทั้งสองวิธี ได้แก่ วิธีการเคลือบแบบจุ่มเคลือบและวิธีการเคลือบแบบพ่นฝอย เข้ากับหน่วยการดูดซับแบบเคลื่อนที่ จากนั้นทำการติดตั้งพัดลมดูดอากาศเข้ากับหน่วยการกรองอากาศจากนั้นทำการต่อพัดลมดูดอากาศเข้ากลับเครื่องจ่ายไฟกระแสตรงซึ่งทำหน้าที่ในการปรับความเร็วลมในกรดูดอากาศ ดังรูปที่ 20 ซึ่งในการทดลองนี้ใช้กระแสไฟ 9 โวลต์ โดยที่กระบวนการดูดซับใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลา 180 นาที ที่ความร้อนในการระเหยน้ำมัน 330 องศาเซลเซียส จากนั้นนำแผ่นกรองที่ผ่านการดูดซับไปทำการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองเพื่อทดสอบความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรองโดยใช้หลอดไฟยูวีซี ขนาด9 วัตต์ จำนวน 3 หลอด ภายในกล่องทึบแสง เป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีผลการทดลองดังนี้

4.5.1 ความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันและการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ (Dip Coating)

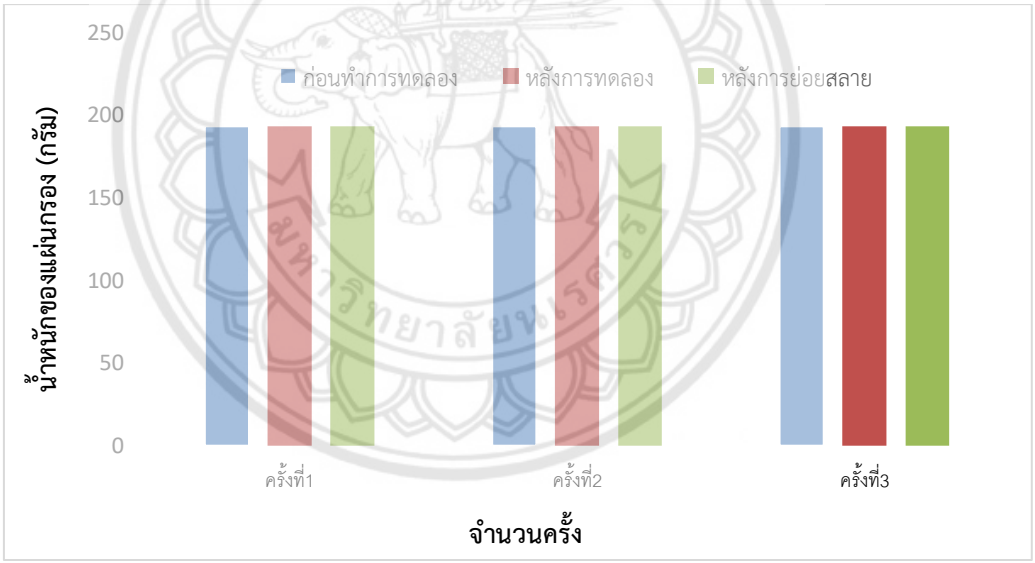
เมื่อทำการทดสอบการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองที่มีการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์แบบจุ่มเคลือบ ผลการทดลองการดูดซับและการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองวิเคราะห์โดยน้ำหนักของแผ่นกรองที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อพิจารณาแผ่นกรองคาร์บอน แสดงดังตารางที่ 8 และรูปที่ 32 จะเห็นว่าน้ำหนักของแผ่นกรองคาร์บอนในการทดสอบการดูดซับในครั้งแรกมีค่าลดลงเนื่องจากในระหว่างการทดลองเกิดการหลุดร่อนของตัวอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ออกจากแผ่นกรอง เนื่องจากแรงลมในระหว่างการดูดซับเพราะแผ่นกรองคาร์บอนเป็นเส้นใยที่มีความเปราะ จึงทำให้น้ำหนักหลังทำการทดสอบการดูดซับมีค่าน้อยกว่าก่อนการดูดซับจึงทำให้ค่าน้ำหนักของแผ่นกรองคาร์บอนที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนไป

ตารางที่ 8 น้ำหนักแผ่นกรองที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการดูดซับและการย่อยสลายของวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ

ครั้งที่	น้ำหนักแผ่นกรองในกระบวนการดูดซับ (กรัม)				ปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรอง (กรัม)		น้ำหนักแผ่นกรองหลังทดสอบการย่อยสลาย (กรัม)	
	อลูมิเนียม		คาร์บอน		อลูมิเนียม	คาร์บอน	อลูมิเนียม	คาร์บอน
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
1	193.18	193.18	20.53	18.66	0	ไม่สามารถวัดได้	193.18	18.66
2	193.18	193.18	18.66	18.66	0	0	193.18	18.66
3	193.18	193.18	18.66	18.66	0	0	193.18	18.60



รูปที่ 32 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองคาร์บอนเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ



รูปที่ 33 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

และเมื่อพิจารณาแผ่นกรองอลูมิเนียมที่มีการเคลือบแบบจุ่มเคลือบ ดังแสดงในตารางที่ 8 และรูปที่ 33 เมื่อทดสอบการดูดซับไอระเหยน้ำมันพบว่าไม่พบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของแผ่นกรองอลูมิเนียมในการทดสอบการดูดซับทั้ง 3 รอบของกระบวนการดูดซับไอระเหยน้ำมันและทดสอบการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองอลูมิเนียมทั้งนี้เนื่องมาจากวิธีการเคลือบแบบจุ่มเคลือบมีการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองอลูมิเนียมน้อยจึงทำให้ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงการดูดซับอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ตามแผ่นกรองทั้งสองชนิดเกิดการดูดซับไอระเหยน้ำมันในระหว่างการทดลองสังเกตได้จากกลิ่นและความมันบนแผ่นกรองเกิดขึ้นหลังการดูดซับโดยน้ำมันที่ระเหยไป ดังตารางที่ 10 น้ำมันที่ระเหยไปในระบบทั้งสามรอบของการทดลองเฉลี่ยอยู่ที่ปริมาตร 0.4-1.05 กรัม โดยการทดลองให้ความร้อนเป็นเวลา 180 นาที แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของแผ่นกรอง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุจากไม่พบการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักของแผ่นกรองทั้งสองชนิดเนื่องจากการกระจายตัวของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองมีปริมาณน้อยทำให้ไม่สามารถย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ดังรูปที่ 32 และรูปที่ 33

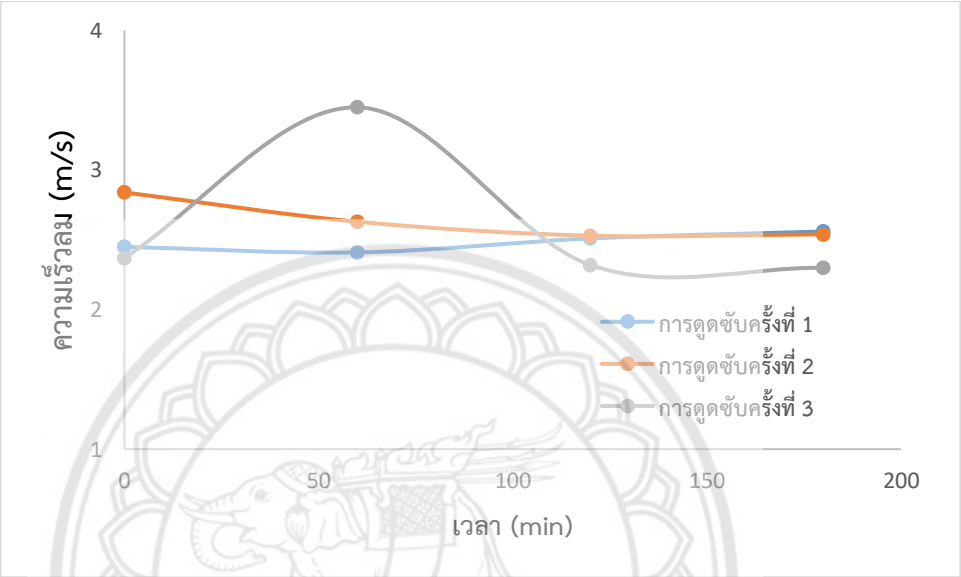
ตารางที่ 9 น้ำหนักน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปในการดูดซับของวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ

ครั้งที่	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)				ปริมาณน้ำมันที่ระเหยไป(กรัม)	
	อลูมิเนียม		คาร์บอน		อลูมิเนียม	คาร์บอน
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง		
1	646.55	645.5	839.92	839.26	1.05	0.66
2	842.77	842.15	864.44	864.02	0.62	0.42
3	842.15	841.61	668.64	668.12	0.54	0.52

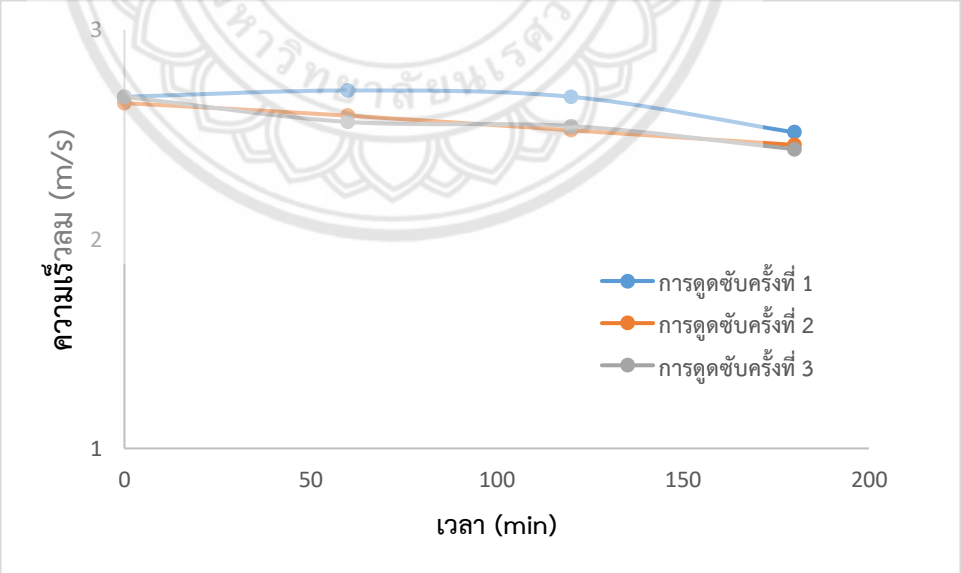
นอกจากนี้ในระหว่างการดูดซับได้ทำการบันทึกความเร็วลมขาออกจากระบบโดยลมที่บันทึกจะผ่านแผ่นกรองในขณะทำการดูดซับ เมื่อพิจารณาจากความเร็วลมที่ผ่านแผ่นกรองในระหว่างทำการทดลอง แสดงดังรูปที่ 34 จะเห็นว่ามีการลดลงของความเร็วลม ความเร็วลมที่ลดลงอาจเกิดเนื่องจากมีปริมาณน้ำมันไปติดอยู่ที่แผ่นกรองอาจเกิดการดูดซับเกิดขึ้นแต่ในปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับการใช้งานจริงของแผ่นกรองต้องใช้ระยะเวลาในการใช้งานเป็นเวลานานถึงจะมีการเปลี่ยนแผ่นกรองอีกทั้งปริมาณตัวดูดซับที่เป็นไททาเนียมไดออกไซด์มีการกระจายตัวที่ไม่ดีจึงทำให้กระบวนการดูดซับและกระบวนย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองไม่สามารถวัดปริมาณได้จากการชั่งน้ำหนักสังเกตได้จากน้ำหนักที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในการดูดซับครั้งที่ 3 พบว่าความเร็วลมในระบบมีลักษณะที่ต่างจากการดูดซับครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 คือ มีการแกว่งของค่าความเร็วลมสูงขึ้นในขณะทำการทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากไส้กรองที่ใช้ในระบบเป็นไส้กรองชนิดเส้นใยคาร์บอน ซึ่งมีความเปราะและหลุดจากแผ่นกรองได้ง่าย ในระหว่างกระบวนการมีแรงลมจากพัดลมดูดอากาศมากระทบแผ่นกรองอยู่ตลอดเวลาจึงทำให้แผ่นกรองดังกล่าวมีบางส่วนหลดไปกับแรงลมในระบบ แรงลมที่วัดได้จึงมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าแผ่นกรองคาร์บอนมีความเสถียรในการใช้งานเพียงสองรอบของการทดลองเท่านั้น เนื่องด้วยข้อจำกัดทางกายภาพดังกล่าว

เมื่อพิจารณาความเร็วลมในขณะทำการทดลองของแผ่นกรองอลูมิเนียม แสดงดังรูปที่ 35 พบว่าเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง ความเร็วเฉลี่ยอยู่ที่ 2.7 เมตรต่อวินาที และเมื่อเวลาผ่านไปแรงลมมีแนวโน้ม

ลดลง และผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 รอบของการทดลอง การลดลงของความเร็วลมแสดงถึงในระหว่างทำการทดลองมีน้ำมันติดอยู่บนแผ่นกรอง นอกจากนี้ไม่พบความแปรปรวนของแรงลมในระหว่างการทดลอง กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ไส้กรองอลูมิเนียมนั้นมีความเสถียรทางกายภาพในการนำมาใช้ในการทดลองมากกว่าแผ่นกรองชนิดเส้นใยคาร์บอน



รูปที่ 34 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นกรองคาร์บอนแบบจุ่มเคลือบ



รูปที่ 35 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นอลูมิเนียมแบบจุ่มเคลือบ

4.5.2 ความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันและการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นฝอย (Spray Coating)

การทดลองการดูดซับไอระเหยน้ำมันและการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นฝอย ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 10 เมื่อพิจารณาน้ำหนักแผ่นกรองอลูมิเนียมพบว่า น้ำหนักของแผ่นกรองอลูมิเนียมหลังการดูดซับไอระเหยน้ำมันนั้นมีมากขึ้นกว่าก่อนการดูดซับไอระเหยน้ำมัน เนื่องมาจากการที่มีไททาเนียมไดออกไซด์มีการยึดเกาะกระจายสม่ำเสมอทั่วบนแผ่นกรองอลูมิเนียม จึงทำให้เกิดการดูดซับไอระเหยน้ำมันที่ดี ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองโดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติก ในส่วนของแผ่นกรองคาร์บอนเมื่อพิจารณาน้ำหนักแผ่นกรองพบว่า น้ำหนักแผ่นกรองหลังการดูดซับไอระเหยน้ำมันมีค่าน้อยกว่าก่อนทำการทดลอง ซึ่งในความเป็นจริงควรจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นหลังการดูดซับไอระเหยน้ำมัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในระหว่างทำการทดลองนั้นมีการหลุดของอนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ และเส้นใยของแผ่นกรองคาร์บอน ทำให้น้ำหนักหลังการดูดซับไอระเหยน้ำมันลดลง จึงส่งผลให้การย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองคาร์บอนโดยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกนั้นไม่ดีเท่าที่ควร

ตารางที่ 10 น้ำหนักแผ่นกรองที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการดูดซับ และการย่อยสลายของวิธีเคลือบแบบพ่นฝอย

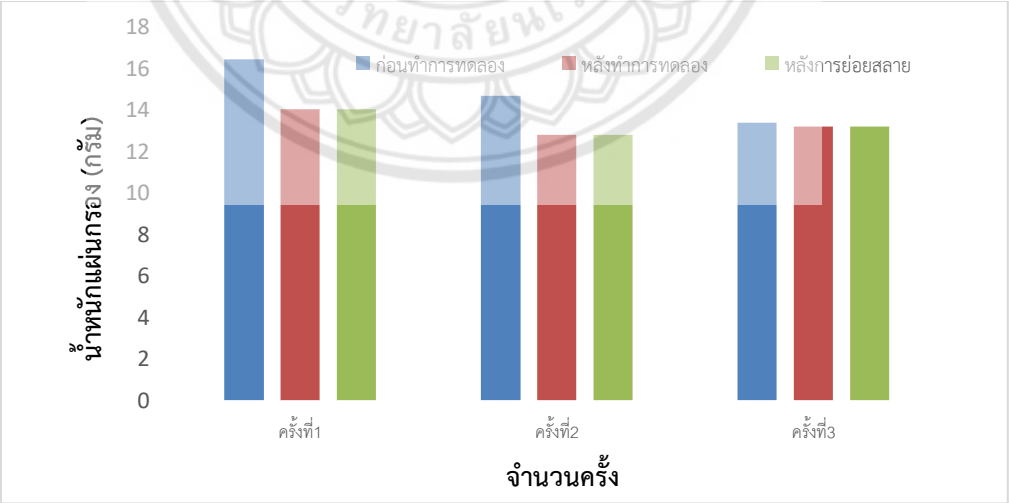
ครั้งที่	น้ำหนักแผ่นกรองในกระบวนการดูดซับ (กรัม)				ปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรอง (กรัม)		น้ำหนักแผ่นกรองหลังทดสอบการย่อยสลาย (กรัม)	
	อลูมิเนียม		คาร์บอน		อลูมิเนียม	คาร์บอน	อลูมิเนียม	คาร์บอน
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง				
1	192.28	192.32	16.43	14.03	0.04	ไม่สามารถวัดได้	192.29	14.03
2	192.28	192.32	14.65	12.79	0.04	ไม่สามารถวัดได้	192.29	12.79
3	192.26	192.28	13.38	13.2	0.02	ไม่สามารถวัดได้	192.27	13.2

ความสามารถในการดูดซับไอระเหยของแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นฝอย เมื่อเปรียบเทียบจากตารางที่ 10 กับตารางที่ 11 เมื่อพิจารณาปริมาณไอระเหยน้ำมันที่เข้าไปในระบบกับปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองอลูมิเนียมพบว่า ปริมาณน้ำมันที่หายไปมากกว่าปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองอลูมิเนียม เนื่องมาจากลักษณะของเนื้อแผ่นกรองของอลูมิเนียมมีลักษณะเป็นตะข่ายที่มีช่องว่างพอที่จะทำให้ไอระเหยน้ำมันเคลื่อนที่ผ่านไปได้ จึงทำให้มีไอระเหยน้ำมันบางส่วนหลุดออกไปจากระบบโดยผ่านช่องว่างของแผ่นกรอง

ตารางที่ 11 น้ำหนักน้ำมันที่เปลี่ยนแปลงไปในการดูดซับของวิธีเคลือบแบบพ่นฝอย

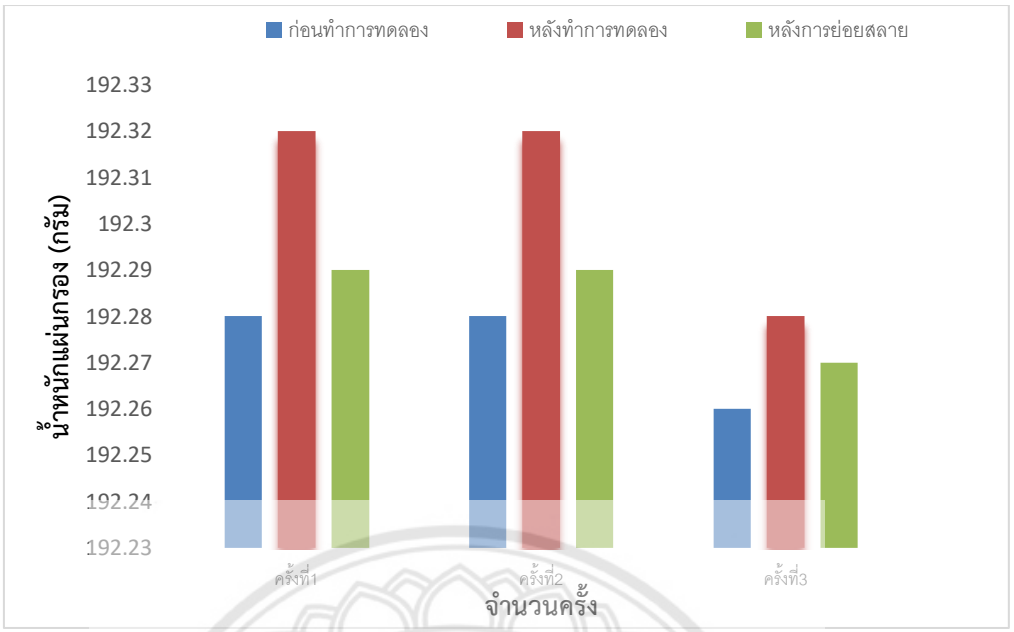
ครั้งที่	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)				ปริมาณไอระเหยน้ำมันที่เข้าไปในระบบ (กรัม)	
	อลูมิเนียม		คาร์บอน		อลูมิเนียม	คาร์บอน
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง		
1	822.16	821.29	821.29	820.98	0.87	0.31
2	820.98	820.08	820.08	819.76	0.9	0.32
3	822.23	821.45	822.19	821.75	0.78	0.44

เมื่อทำการศึกษาการดูดซับไอระเหยน้ำมันและศึกษาการย่อยสลายน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้า สามารถสรุปได้ แสดงดังรูปที่ 36 เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบน้ำหนักของแผ่นกรองคาร์บอนแบบพ่นฝอยทั้งก่อนการดูดซับไอระเหยน้ำมัน การดูดซับไอระเหยน้ำมัน และการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองคาร์บอนพบว่า น้ำหนักก่อนการดูดซับไอระเหยน้ำมันมีแนวโน้วลดลง เนื่องมาจากในกระบวนการทำการทดลอง มีการหลุดของเนื้อแผ่นกรองคาร์บอน ด้วยคุณสมบัติของแผ่นกรองคาร์บอนนั้นมีความเปราะง่ายเมื่อมีการสัมผัสด้วยแรงทางกล และเมื่อพิจารณาการดูดซับไอระเหยน้ำมันบนแผ่นกรองคาร์บอน ซึ่งในความเป็นจริงควรจะมีมากกว่าก่อนการดูดซับ อาจเนื่องมาจากในระหว่างทำการทดลองการดูดซับนั้น มีการหลุดของไททาเนียมไดออกไซด์และเนื้อแผ่นกรองจากแรงทางกลจากเครื่องดูดอากาศ และเมื่อพิจารณาการย่อยสลายของน้ำมันบนแผ่นกรองคาร์บอนพบว่า มีแนวโน้มในการย่อยสลายน้ำมันได้ด้วยแสงได้น้อย

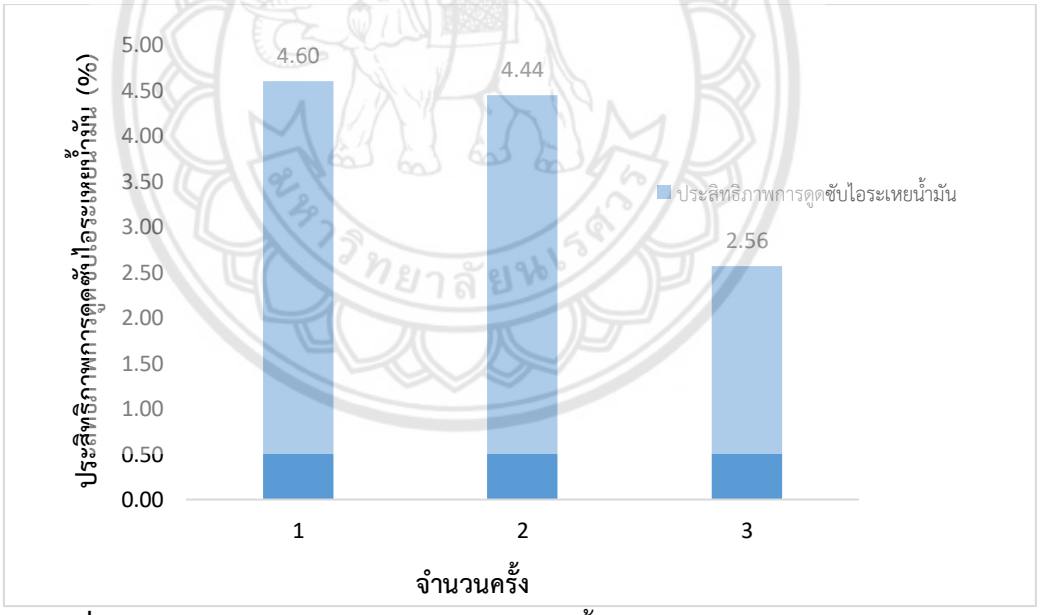


รูปที่ 36 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองคาร์บอนเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอย

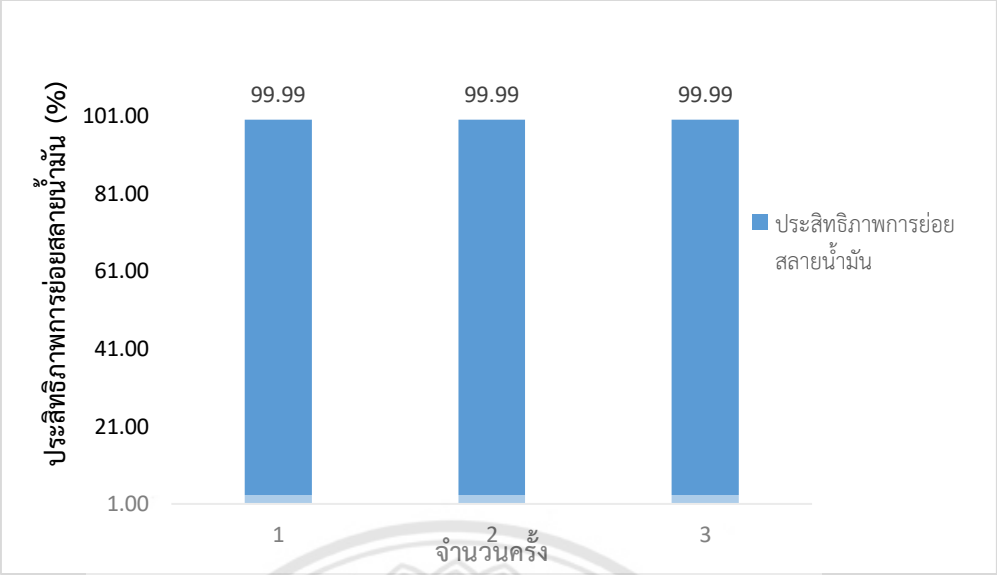
เมื่อทำการศึกษาการดูดซับไอระเหยน้ำมันและศึกษาการย่อยสลายน้ำมันของแผ่นกรองทางการค้า สามารถสรุปได้ แสดงดังรูปที่ 37 เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบน้ำหนักของแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นฝอยทั้งก่อนการดูดซับไอระเหยน้ำมัน การดูดซับไอระเหยน้ำมัน และการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองอลูมิเนียมพบว่า น้ำหนักก่อนการดูดซับไอระเหยน้ำมันครั้งที่ 3 แนวโน้วลดลง เนื่องมาจากในกระบวนการทำการทดลอง มีการหลุดของไททาเนียมไดออกไซด์ในการย่อยสลายน้ำมันในครั้งที่ 1 และ 2 และเมื่อพิจารณาการดูดซับไอระเหยน้ำมันบนแผ่นกรองอลูมิเนียมในครั้งที่ 1 และ 2 แสดงดังรูปที่ 38 พบว่า มีการดูดซับไอระเหยน้ำมันบนแผ่นกรองได้มากกว่าก่อนการทดลองเท่ากับร้อยละ 4.60 และร้อยละ 4.44 ตามลำดับ ซึ่งแสดงถึงความสามารถในดูดซับไอระเหยน้ำมันได้น้อย เนื่องจากการกรองอากาศในการใช้งานจริงนั้นจะใช้ระยะเวลาที่นานเป็นปีในการดูดซับไอระเหยน้ำมันอย่างเต็มประสิทธิภาพ ในส่วนของการดูดซับไอระเหยน้ำมันครั้งที่ 3 พบว่า ความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันได้น้อยลงร้อยละ 2.03 เนื่องจากพื้นผิวของอลูมิเนียม มีลักษณะมันวาว ไททาเนียมไดออกไซด์หลุดออกจากแผ่นกรองในขณะที่มีการย่อยสลายน้ำมันด้วยแสงซ้ำๆ ในครั้งที่ 1 และ 2 แต่ก็ยังมีไททาเนียมไดออกไซด์ยังคงอยู่ภายในแผ่นกรองที่แสงไม่สามารถเข้าถึงได้ ส่งผลให้ปริมาณไททาเนียมไดออกไซด์ลดลงบริเวณผิวหน้าแผ่นกรอง ทำให้ในการดูดซับไอระเหยน้ำมันลดลงไปด้วย สังเกตได้จากน้ำหนักของแผ่นกรองก่อนการดูดซับครั้งที่ 3 ที่มีน้ำหนักลดลง และเมื่อพิจารณาการย่อยสลายของน้ำมันบนแผ่นกรองอลูมิเนียมในครั้งที่ 1 2 และ 3 แสดงดังรูปที่ 39 พบว่ามีแนวโน้มในการย่อยสลายน้ำมันได้ด้วยแสงเท่ากับร้อยละ 99.99 เท่ากันทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการย่อยสลายน้ำมันเกิดขึ้นได้ดีเนื่องจากวิธีการเคลือบแบบพ่นฝอย ทำให้ในการกระจายตัวของไททาเนียมไดออกไซด์ได้ดีบนแผ่นกรองทางการค้า จึงส่งผลให้กระบวนการย่อยสลายน้ำมันด้วยแสงเกิดขึ้นได้ดี จึงสามารถสรุปได้ว่า แผ่นกรองอลูมิเนียมที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นฝอย มีความเหมาะสมต่อการกรองอากาศในการดูดซับไอระเหยน้ำมันและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ดีกว่า



รูปที่ 37 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักแผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบด้วยวิธีพ่นฝอย

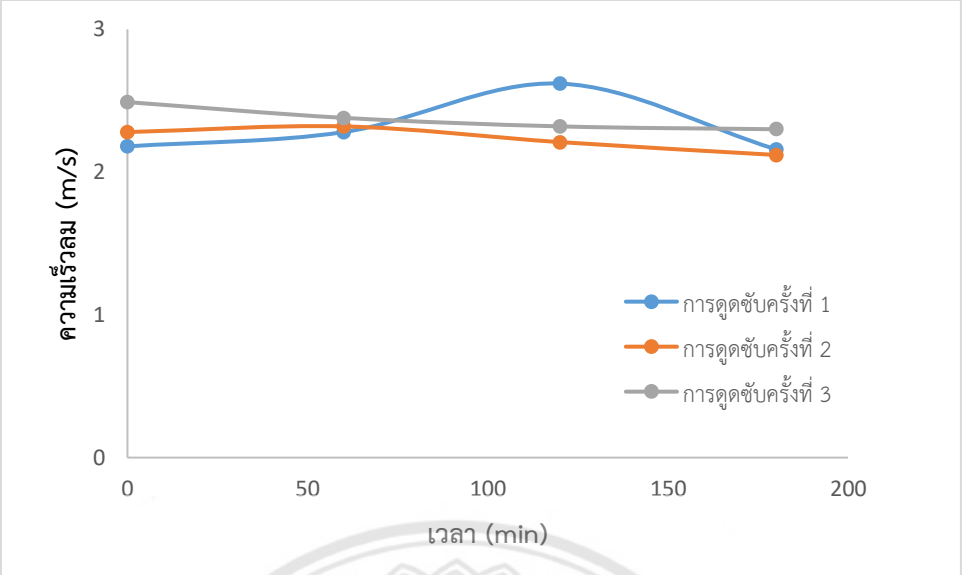


รูปที่ 38 กราฟประสิทธิภาพการดูดซับไอระเหยน้ำมันของแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย



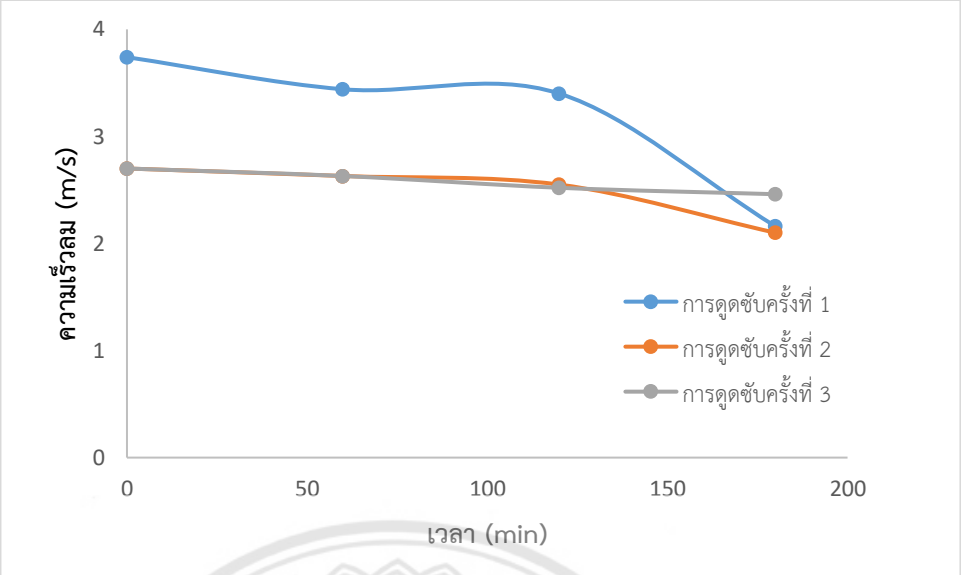
รูปที่ 39 กราฟประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันของแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย

พิจารณาความเร็วลมที่ผ่านในระบบการดูดซับไอระเหยน้ำมันบนแผ่นกรองทางการค้าที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีพ่นฝอย แสดงดังรูปที่ 40 เมื่อพิจารณาความเร็วลมผ่านแผ่นกรองคาร์บอนแบบพ่นฝอย พบว่าทั้งการดูดซับไอระเหยน้ำมันครั้งที่ 1 2 และ 3 นั้นมีแนวโน้มที่ความเร็วลมลดลงเล็กน้อยเมื่อทำการดูดซับไอระเหยน้ำมันเรื่อยๆในระยะเวลาจนครบ 180 นาที ทำให้ทราบได้ว่าแผ่นกรองคาร์บอนแบบพ่นฝอยมีการดูดซับไอระเหยน้ำมันได้แต่ในปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองไม่มาก เนื่องจากในการที่การกรองอากาศที่ในการใช้งานจริงจะใช้เวลาที่นานเป็นปีทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมได้ชัดเจนกว่าและได้ปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองมากกว่า



รูปที่ 40 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นกรองคาร์บอนแบบพ่นฝอย

และเมื่อพิจารณาความเร็วลมผ่านแผ่นอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย แสดงดังรูปที่ 41 พบว่าทั้งการดูดซับไอระเหยน้ำมันครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นั้นมีแนวโน้มที่ความเร็วลมลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อทำการดูดซับไอระเหยน้ำมันเรื่อยๆในระยะเวลาจนครบ 180 นาที แต่เมื่อทำการดูดซับไอระเหยน้ำมันครั้งที่ 3 นั้นมีแนวโน้มคงที่ อาจเนื่องมาจากการทำทดลองซ้ำด้วยชิ้นงานเพียงชิ้นเดียว ซึ่งเกิดการย่อยสลายน้ำมันของการดูดซับในครั้งที่ 1 และ 2 ทำให้ไททาเนียมไดออกไซด์สลายไปตามจำนวนการใช้งาน สังเกตได้จากตารางที่ 11 ปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองลดลง เนื่องจากปริมาณของไททาเนียมไดออกไซด์ที่ลดลงส่งผลให้ความเร็วลมในการดูดซับไอระเหยน้ำมันครั้งที่ 3 เริ่มคงที่ ซึ่งทราบได้ว่าแผ่นกรองอลูมิเนียมแบบพ่นฝอยมีการดูดซับไอระเหยน้ำมันได้แต่ในปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองไม่มาก เนื่องจากในการที่การกรองอากาศที่ในการใช้งานจริงจะใช้เวลาที่นานเป็นปี ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมได้ชัดเจนกว่าและได้ปริมาณน้ำมันที่ติดบนแผ่นกรองมากกว่า



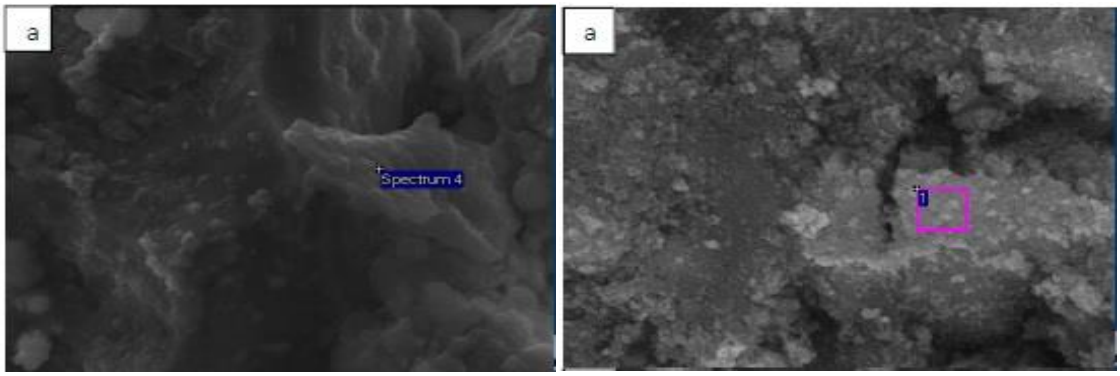
รูปที่ 41 ความเร็วลมผ่านแผ่นกรองในการกรองของแผ่นอลูมิเนียมแบบพ่นฝอย

4.7 เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกเป็นจำนวนมาก การศึกษาของคณะผู้วิจัยของแต่ละคณะล้วนแตกต่างกันไป จึงยากที่จะนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบ หรือหาข้อสรุปได้ว่าแผ่นกรองชนิดไหนมีความสามารถในการดูดซับไอระเหยน้ำมันได้ดีกว่ากัน ซึ่งการเปรียบเทียบจำเป็นต้องมีการควบคุมตัวแปรหรือสภาวะให้อยู่ในเงื่อนไขเดียวกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการเปรียบเทียบการกำจัดน้ำมันบนแผ่นกรองด้วยปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกกับงานวิจัยของ (พลอย สุจริตธรรม และคณะ ,2555) เนื่องจากมีการใช้ความเข้มข้นของสารแขวนลอยไททาเนียมไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีการใช้หลอดไฟยูวีในการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์โดยมีไททาเนียมไดออกไซด์เฟสอนาเทสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโคคะตะไลติก

จากงานวิจัยของ (พลอย สุจริตธรรม และคณะ ,2555) พบว่าการกำจัดโทลูอีนของกระดาษกรองใยแก้วและกระดาษกรองควอตซ์เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ภายใต้ระยะเวลาในการทดลอง 180 นาที พบว่าแหล่งกำเนิดแสงหลอดแบล็คไลท์ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารโทลูอีนได้ดี เนื่องจากหลอดแบล็คไลท์มีพลังงานกระตุ้นอิเล็กตรอนทำให้เกิดการกำจัดสารโทลูอีนได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีโฟโตคะตะไลติกออกซิเดชั่น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Ming-Zhi Guo, Tung-Chai Ling, Chi Sun Poon (2017).การเสื่อมสภาพด้วย NOx โฟโตคะตาไลติกของชั้นผิวคอนกรีตที่ผสม TiO_2 กับพ่นด้วยสเปรย์ด้วยนาโน TiO_2) พบว่าการเคลือบแบบพ่นฝอยทำให้อนุภาคไททาเนียมกระจายตัวได้ดี



รูปที่ 42 ภาพถ่าย SEM ของ คอนกรีตที่ผสมกับTiO_2 (a) กับ คอนกรีตที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์แบบพ่นฝอย (b)

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาการนำไททาเนียมไดออกไซด์มาเคลือบลงบนแผ่นกรองทางการค้าเพื่อใช้ศึกษาในการกรองไอระเหยน้ำมันและเพื่อเป็นแนวทางในการช่วยเหลือและแก้ไขปัญหาโดยใช้กระบวนการการเร่งปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกในการกำจัดมลพิษ โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ชนิดของแผ่นกรองทางการค้า วิธีการเคลือบที่มีผลต่อการยึดติดของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า และความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ของแผ่นกรอง มีผลการทดลองดังนี้

5.1.1 วิธีการเคลือบที่มีผลต่อการยึดเกาะของไททาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทางการค้า

- วิธีการเคลือบแบบพ่นฝอยเหมาะสมกับการนำมาใช้ในการเคลือบทาเนียมไดออกไซด์บนแผ่นกรองทั้งสองชนิด สามารถทำให้อนุภาคไททาเนียมไดออกไซด์ยึดเกาะและกระจายตัวบนแผ่นกรองได้ดีกว่าวิธีเคลือบแบบจุ่มเคลือบ

- แผ่นกรองอลูมิเนียมมีความเสถียรทางกายภาพในการดูดซับไอระเหยน้ำมันและการนำกลับมาใช้ใหม่

5.1.2 ชนิดของแผ่นกรองทางการค้า

แผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้วิธีพ่นฝอยมีความสามารถในการนำมาใช้ในการกรองไอระเหยน้ำมันได้ดีกว่าแผ่นกรองคาร์บอนที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้การเคลือบทั้งสองวิธีและสามารถกรองไอระเหยน้ำมันได้ดีกว่าแผ่นกรองอลูมินียมที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

5.1.3 ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่

แผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้วิธีพ่นฝอยมีความสามารถในการนำมาใช้ในการย่อยสลายหรือกำจัดน้ำมันบนแผ่นกรองโดยใช้ปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลติกได้ดีกว่าแผ่นกรองคาร์บอนที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้การเคลือบทั้งสองวิธีและสามารถกรองไอระเหยน้ำมันได้ดีกว่าแผ่นกรองอลูมินียมที่เคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธีจุ่มเคลือบ

ดังนั้นผลของการศึกษาในงานวิจัยนี้สามารถนำแผ่นกรองอลูมิเนียมเคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์โดยใช้วิธีเคลือบแบบพ่นฝอยมากรองไอระเหยน้ำมันได้ อีกทั้งยังสามารถนำไปทำการย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรองเพื่อให้สามารถนำแผ่นกรองมาใช้ใหม่ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ขั้นตอนการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ควรใช้สารช่วยในการยึดเกาะ
2. การเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ให้บางสามารถลดการหลุดร่อนของไททาเนียมไดออกไซด์ได้
3. เนื่องจากการใช้งานจริงของแผ่นกรองต้องใช้เวลานานในการสะสมของไอระเหยน้ำมันจึงควรเพิ่มระยะเวลาในการทดลอง
4. เนื่องจากการทดลองต้องใช้อุณหภูมิสูงจึงใช้เวลาในการทดลองนานไม่ได้

มหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

กรกนก อุบลชลเขต. (2559). **การสังเคราะห์ไทเทเนียมไดออกไซด์นาโนคอมพอสิทด้วยกรรมวิธีโซลเจลและการตกตะกอน**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

จีราภรณ์ ดำจันทร์. (2551). **การพัฒนาสารเคลือบผิว TiO_2 / SnO_2 / X ระดับนาโน**, วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ณฐิตา เหมะวิริยาพรวัฒนา, เอกชัย วิมลมาลา, ธีระศักดิ์ หมากผิน และ ณรงคฤทธิ์ สมบัติสมภพ. (2548). **อิทธิพลความหนาผิวเคลือบพอลิยูริเทนและปริมาณผงไททาเนียมไดออกไซดในผิวเคลือบที่มีต่อการสะท้อนรังสีอาทิตย์และการยึดเกาะของแผ่นวัสดุยางธรรมชาติผสมขี้เลื่อยไม้**, มหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีวัสดุคณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.กรุงเทพฯ.

พรรณิกา วนะรมย์, วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และ วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี.(2555) **การกำจัดแบคทีเรีย Staphylococcus epidermidis ในอากาศด้วยแผ่นฟอกอากาศโฟโตคะตะไลติก**, การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9.นครปฐม.

พลอย สุจริตธรรม, วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, มัณฑนา สุวรรณ และ สิทธิสุนทร สุโพธิณะ. (2555). **ประสิทธิภาพของกระดาษกรองใยแก้วเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดสารโทลูอีนโดยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส**, การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9. นครปฐม.

พลอย สุจริตธรรม. (2555). **ประสิทธิภาพของแผ่นฟอกอากาศเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์ในการกำจัดสารโทลูอีน โดยกระบวนการโฟโตคะตะไลซิส**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พินิจ เอี่ยมสะอาด, จิตนภา ศิริรักษ์, สุธินี เกิดเทพ, ณัฐวรรณ วรวรรโณทัย, พัฒนาวิศว์ สว่างลาภ, ฉันทนา วัยนิพิฐพงษ์, ... และ ชีวิตา สุวรรณชวลิต. (2559). **การสังเคราะห์ไททาเนียมไดออกไซด์เพื่อใช้เป็นสารดูดกลืนรังสียูวีเพื่อเพิ่มความคงทนแสงของผงสีธรรมชาติ**, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม.

ศักดิ์รพี คนซื่อ. (2554). **การวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าจากการผลิตน้ำมันปาล์มโอเลอิน สเตอรีน และกรดไขมันปาล์ม**, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี.

สัฏฐวิชญ์ สาระพันธ์, นิดา ชัยมูล และ เพชร เพ็งชัย. (2559). **การบำบัดน้ำชะมูลฝอยด้วยสารไทเทเนียมไดออกไซด์**, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม

สีหราช ลาภเกิน, สิทธิสุนทร สุโพธิณะ และ ภารดี ช่วยบำรุง. (2556). **สารยึดติดที่เหมาะสมกับการเคลือบไททาเนียมไดออกไซด์บนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สำหรับกำจัดจุลินทรีย์ในอากาศ**, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

Akira Fujishima, Xintong Zhang, & Donald Trykc, A. (2008). **TiO_2 photocatalysis and related surface phenomena**, 12, 515-582.

Ao, C. H., & Lee, S. C. (2005). **Indoor air purification by photocatalyst TiO_2 immobilized on an activated carbon filter installed in an air cleaner**, Chemical Engineering Science, 60, 103–109.

Xu Chengwei, Xie Wenxia, Yu Yan, Zhang Jun, & Yang Jiangang. **Photocatalytic and Filtration performance study of TiO_2/CNTs-Filter for oil particle**, Process Safety and Environmental Protection, 123, 72-78.

Mohammed Gondal, A. , Muhammad Sadullah, S. , Mohamed Dastageer, A. , Gareth McKinley, H. , Divya Panchanathan, & Kripa Varanasi, K. (2014). **Study of factors governing oil–water separation process using TiO_2 films prepared by spray deposition of nanoparticle dispersions**, 6(16), 13422–13429.

Rezaee, A., Pourtaghi, Gh. H., Khavanin, A., Sarraf Mamoory, R., & Ghaneian, M. T. (2008). **Photocatalytic decomposition of gaseous toluene by TiO_2 nanoparticles coated on activated carbon, Journal of Environmental Health Department**, 4, 305-310.

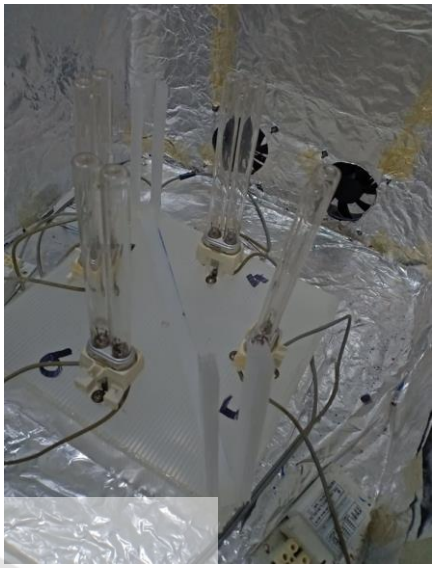
Sonawane, R. S., Hegde, S. G., & Dongare, M.K. (2003). **Preparation of titanium (IV) oxide thin film photocatalyst by sol–gel dip coating**, Materials Chemistry and Physics, (77)3, 744-750.

Tomoishi, S., Kameshima, Y., Fujii, E., Miyake, M., & Nishimoto, S. (2014). **Self-cleaning efficiency of titanium dioxide surface under simultaneous UV irradiation of various intensities and water flow**, Journal of the Ceramic Society of Japan, 122(6), 513-516.

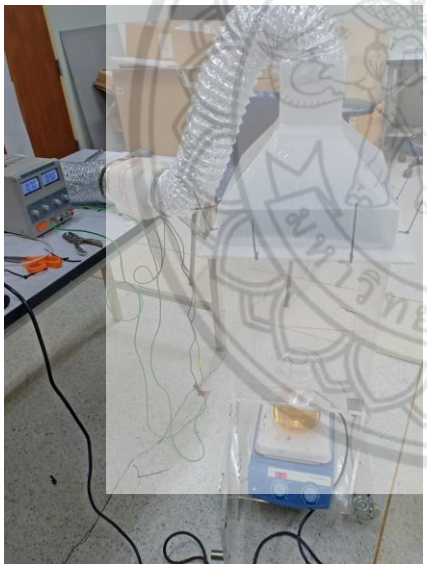
Yasutaka Takahashi, & Yukihisa Wada. (1990). **Dip-coating of Sb-doped SnO_2 films by ethanolamine-alkoxide method**, Journal of the Electrochemical Society, 137(1), 501-511.

ภาคผนวก

รูปที่ 43 การย่อยสลายน้ำมันบนแผ่นกรอง



รูปที่ 44 หลอดไฟยูวีซี



รูปที่ 45 กระบวนการกรองไอระเหยน้ำมัน

รูปที่ 46 การติดตั้งแผ่นกรองในหน่วยดูดซับ