

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 การดักจับฝุ่นขนาดเล็กที่ได้จากการทดลองด้วยเทคนิคพลาสมา	1
1.2 ไดอะแกรมการทดลองเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตที่ใช้การอัดประจุแบบไดอิเล็กทริกแบรีเออร์ดิสชาร์จ	2
1.3 เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตที่ใช้อิเล็กโทรดแบบสายแผ่นสามชุด	3
1.4 ไดอะแกรมการทดลองการรวมตัวอนุภาค Jun-Ho Jia และคณะ	3
1.5 เครื่องตกตะกอนที่มีส่วนของการรวมตัวกัน	4
1.6 ลักษณะการไหลของของไหลที่ไหลผ่านตัวขวางการไหล	5
2.1 ลักษณะของความเร็วในการไหลแบบปั่นป่วน	8
2.2 การเกิด Vortex shedding	10
2.3 การเปลี่ยนแปลงของ Strouhal number, Drag coefficient และ Reynolds number	11
2.4 รูปทรงต่างๆ ของอิเล็กโทรดแบบลวด	13
2.5 ค่า r_{in} , m_G และ k_G	14
2.6 สตรีมเมอร์ในทิศทางแคโทด (CDS) และสตรีมเมอร์ในทิศทางแอโนด (ADS)	15
3.1 ลักษณะของตัวขวางการไหลและลักษณะการติดตั้ง ก) 3) มิติ และ ข) 2 มิติ	19
3.2 ภาพรวมของชุดทดสอบสำหรับศึกษาการไหลของอากาศ	20
3.3 ภาพรวมของชุดทดสอบสำหรับศึกษาการรวมตัวของอนุภาคฝุ่น	21
3.4 อุโมงค์ลมขนาดเล็กแนวตั้ง	22
3.5 ภาพสเก็ตภายในบริเวณของช่วงปล่องเหล็กสีน้ำเงิน	23
3.6 ลักษณะของอิเล็กโทรด และตำแหน่งการติดตั้งอิเล็กโทรดและตัวขวางการไหล	23
3.7 อิเล็กโทรดที่ใช้ทดสอบ (ก) Discharge electrode ข) Collecting electrode	24
3.8 เครื่องสร้างคว้นเพื่อศึกษาการไหลของอากาศ	24
3.9 น้ำมันที่ใช้ในการผลิตคว้น	25
3.10 ชุดกระตุ้นพลาสมา	25
3.11 แสงสีม่วงที่เกิดจากการปลดปล่อยพลังงานของอิเล็กตรอนที่เกิดเป็นลักษณะของ Streamer plasma	26
3.12 ชุดวัดจำนวนอนุภาคคว้น	27
3.13 เครื่องผลิตอนุภาคคว้น	27

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 ภาพรวมชุดทดสอบการไหลของอากาศ	28
3.15 ภาพรวมชุดทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	29
3.16 ภาพติดตั้งอุปกรณ์ในส่วนของฮีตเตอร์	29
4.1 ลักษณะการแบ่งช่องพื้นที่ควบคุมที่ใช้ในการศึกษาแบบเชิงตัวเลข	31
4.2 การเกิดการหมุนวนของอากาศด้านหลังตัวขวางการไหลแบบต่างๆ	32
4.3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านตัวขวางการไหลแบบครึ่งตามการเปลี่ยนแปลงมุม (ก) 30° (ข) 45° และ (ค) 60° ที่ระยะความกว้างของตัวขวางการไหล 0.0025 m ที่ความเร็ว 0.1 m/s	32
4.4 คาบของความเร็วที่เวลาเปลี่ยนแปลงไป	33
4.5 ความสัมพันธ์ของค่า Strouhal number และค่า Reynolds number ตามการเปลี่ยนแปลงมุมของตัวขวางการไหล	34
4.6 การไหลหมุนวนที่เกิดจากตัวขวางการไหล รูปทรงสามเหลี่ยมในแบบ 2 มิติ	34
4.7 ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านตัวขวางการไหลแบบครึ่งตามการเปลี่ยนแปลงมุม 45° ที่ระยะความกว้างของตัวขวางการไหล (ก) 0.0015 m (ข) 0.0025 m และ (ค) 0.0035 m ที่ความเร็ว 0.5 m/s	35
4.8 ลักษณะการเกิด Vortex shedding ที่ถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง	36
4.9 ลักษณะการเกิด Vortex shedding ที่เกิดบริเวณด้านหลังตัวขวางการไหล	37
4.10 การเปรียบเทียบผลการไหลผ่านตัวขวางการไหลจากการทำ Flow visualization เทียบกับ CFD ที่ความเร็วของอากาศ 0.1 m/s	38
4.11 ลักษณะการวางแนวฟันเลื่อยของอิเล็กโทรด	39
4.12 ลักษณะการวางแนวฟันเลื่อยของดิสชาร์จี้เล็กโทรด ในการทดสอบจริง	39
4.13 ลักษณะการเกิดกลุ่มพลาสมาตามลักษณะการวางแนวฟันเลื่อย	40
4.14 ลักษณะความเข้มข้นของจำนวนอนุภาค โดยทดสอบ ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV	41
4.15 เปรียบเทียบการลดลงของจำนวนอนุภาค ตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจำนวนอนุภาค ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV	41
4.16 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนอนุภาค ที่ความเร็วก๊าซต่างๆ	42

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.17 การทดสอบแนวการไหลของอากาศที่ ความเร็วอากาศ 1 m/s แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV และความถี่พัลส์ 10 kHz	43
4.18 ภาพวาดแนวการไหลของอากาศ ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV และความถี่พัลส์ 10 kHz	44
4.19 การทดสอบแนวการไหลของอากาศที่ ความเร็วอากาศ 2 m/s แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV และความถี่พัลส์ 10 kHz	44
4.20 ภาพวาดแนวการไหลของอากาศ ที่ความเร็วอากาศ 2 m/s แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV และความถี่พัลส์ 10 kHz	45
4.21 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ตามการเปลี่ยนแปลงความถี่พัลส์ ที่ ความเร็วอากาศ 1 m/s แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV	46
4.22 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ตามการเปลี่ยนแปลงแรงดันสูงสุด ที่ ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz	47
4.23 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV	48
4.24 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นของอากาศ ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV	49
4.25 การเกิดไอน้ำไปเกาะที่ผิวผนังอุโมงค์ลม	49
4.26 การเกิดการลัดวงจรในอากาศ ระหว่างดิสชาร์จอิเล็กโทรด และคอลเลคตติ้ง อิเล็กโทรด ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 1 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kHz	50
4.27 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ที่ความเร็วอากาศ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV และแนวพื้นเลื่อยวางขวางการไหลของ อากาศ	51
4.28 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ที่ความเร็วอากาศ 2 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV และแนวพื้นเลื่อยวางขวางการไหลของ อากาศ	52
4.29 เปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนอนุภาค ที่ความเร็วอากาศ 3 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 35 kV และแนวพื้นเลื่อยวางขวางการไหลของ อากาศ	53

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก-1 อุโมงค์ลมขนาดเล็กระดับห้องปฏิบัติการ	ก-2
ก-2 เครื่องกำเนิดคลื่น	ก-3
ข-1 เครื่องวัดความเร็วลม	ข-2
ข-3 เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศ	ข-2
ข-3 อินเวอร์เตอร์ใช้ในการควบคุมรอบการทำงานของพัดลมดูดอากาศ	ข-3
ข-4 พัดลมดูดอากาศ	ข-3
ข-5 เครื่องวัดจำนวนอนุภาคระดับเล็กกว่า 1 ไมครอน	ข-4
ข-6 เครื่องอ่านคลื่นไฟฟ้า (Oscilloscope)	ข-4
ข-7 เครื่องกระตุ้นไฟฟ้า (Function generator)	ข-5
ข-8 คอมพิวเตอร์เก็บข้อมูล	ข-5
ข-9 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า AC เป็น DC	ข-6
ข-10 กล้องบันทึกภาพการเคลื่อนที่ของอากาศ	ข-6
ข-11 หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าแบบปรับค่าได้ (Variac)	ข-7
ข-12 ป้อนสัญญาณ	ข-7
ข-13 หัวอ่านไฟฟ้าแรงดันสูง	ข-8
ข-14 เครื่องวัดอัตราการไหลอากาศ	ข-8
ข-15 ตะเกียงเผาไหม้น้ำมันดีเซล	ข-9
ค-1 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีศึกษาผลของความเข้มข้นของอนุภาค	ค-2
ค-2 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV	ค-3
ค-3 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 2 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV	ค-4
ค-4 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 3 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV	ค-5
ค-5 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีศึกษาผลของอุณหภูมิก๊าซ และแนวฟันเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-7
ค-6 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีศึกษาผลของความชื้น และแนวฟันเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-8

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค-7 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีติดตั้งตัวขวางการไหลแบบแผ่นเรียบ และแนวพื้นเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-9
ค-8 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 2 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีติดตั้งตัวขวางการไหลแบบแผ่นเรียบ และแนวพื้นเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-10
ค-9 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 3 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีติดตั้งตัวขวางการไหลแบบแผ่นเรียบ และแนวพื้นเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-11
ค-10 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 1 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีติดตั้งตัวขวางการไหลแบบทรงกระบอกกลม และแนวพื้นเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-12
ค-11 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 2 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีติดตั้งตัวขวางการไหลแบบทรงกระบอกกลม และแนวพื้นเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-13
ค-12 ผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนอนุภาคขนาดเล็ก ที่ความเร็วก๊าซ 3 m/s ความถี่พัลส์ 10 kHz และ แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ในกรณีติดตั้งตัวขวางการไหลแบบทรงกระบอกกลม และแนวพื้นเลื่อยขวางการไหลของของไหล	ค-14