

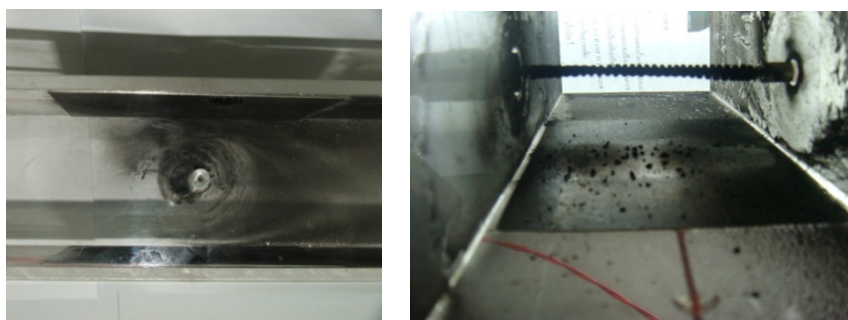
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ในปัจจุบัน มีการใช้ถ่านหินและชีวมวล เป็นเชื้อเพลิง ในกระบวนการทางความร้อน เช่น การผลิตไอน้ำในหม้อไอน้ำ เตาเผา กระบวนการอบแห้ง เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการทางความร้อนที่เกิดขึ้น จะทำให้เกิดอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กขึ้น ถึงแม้ในปัจจุบันจะมีระบบบำบัดไอเสีย เช่น ระบบไซโคลน (Cyclone Separator) เครื่องดักจับด้วยหยดน้ำ (Wet Collector) ถุงกรอง (Gashouse Filter) เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) เป็นต้น แต่เทคโนโลยีเหล่านี้ยังไม่สามารถดักจับฝุ่นที่มีขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องดักจับฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิตที่นิยมใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน พบว่า ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต จะต่ำกว่า 50% [1,2] โดยอนุภาคของฝุ่นควมระดับ Submicron ขนาด 0.1-1 μ m ยังสามารถเล็ดลอดจากการดักจับของเครื่องดักจับแบบไฟฟ้าสถิต ซึ่งอนุภาคฝุ่นดังกล่าวส่งผลให้เกิดมลภาวะทางอากาศ และทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจได้ [3,4]

วิธีการหนึ่ง ในการพัฒนาวิธีการดักจับฝุ่นขนาดเล็กในระดับเล็กมาก (Submicron) ที่เกิดจากกระบวนการทางความร้อน โดยมีถ่านหินและชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง คือ การตกตะกอนอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กด้วยเทคนิคพลาสมา ซึ่งเป็นการสร้างพลาสมาแบบปราศจากความร้อน (Non-thermal plasma) ซึ่งเกิดจากการป้อนแรงดันไฟฟ้าเป็นจังหวะๆ และเกิดเป็นสนามไฟฟ้าแรงสูงขึ้น เมื่ออนุภาคฝุ่นขนาดเล็กเคลื่อนผ่านสนามไฟฟ้าแรงสูง จะทำให้อนุภาคฝุ่นถูกชาร์จเกิดเป็นประจุบวกและประจุลบขึ้น ส่งผลให้เกิดการจับตัวกันของอนุภาคฝุ่นเป็นกลุ่มก้อนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ง่ายต่อการดักจับอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็ก ซึ่งผลดังกล่าวจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กดังกล่าว ทำให้ลดอันตรายที่เกิดจากอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กเจือปนออกสู่อากาศได้ ทางคณะผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1 พบว่า สามารถนำเทคนิคพลาสมา นำมาประยุกต์ใช้กับการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางความร้อนโดยมีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นระดับเล็กมาก (Submicron) ได้ถึง 80 % [5] อย่างไรก็ตาม พบว่า เมื่อความเร็วของแก๊สร้อนสูงขึ้น ความสามารถในการดักจับฝุ่นจะลดลง



รูปที่ 1.1 การดักจับฝุ่นขนาดเล็กที่ได้จากการทดลองด้วยเทคนิคพลาสมา [5]

คณะผู้วิจัย จึงมีแนวความคิดในการติดตั้งตัวขวางการไหล (Bluff body) ทางด้านหน้า ของชุดอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อทำให้เกิดการหมุนวน (Vortex) ของของไหล ช่วยในการเพิ่มระยะเวลาที่อนุภาคฝุ่นอยู่ในสนามไฟฟ้าแรงสูงได้นานขึ้น ส่งผลให้การประจุไฟฟ้าให้แก่อนุภาค ทำได้ดีขึ้น เพิ่ม

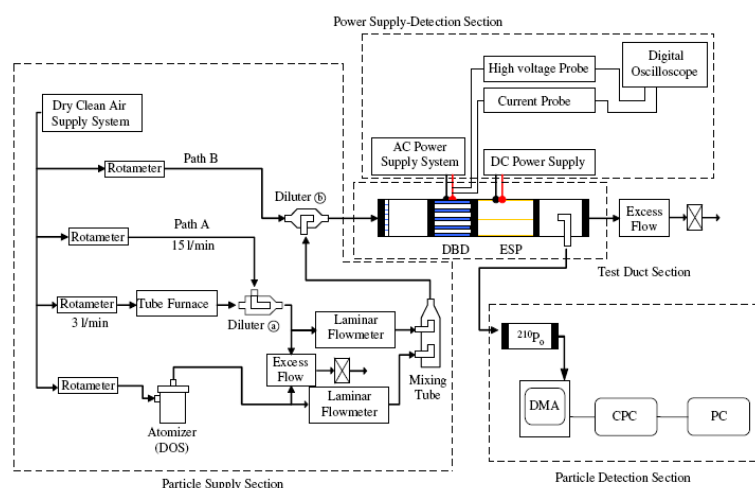
ประสิทธิภาพในการตกตะกอน เทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการทำงานจริงของโรงงานอุตสาหกรรม ชุมชน และโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิง ถ่านหินและชีวมวล ช่วยแก้ปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ปนเปื้อนในอากาศได้

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต

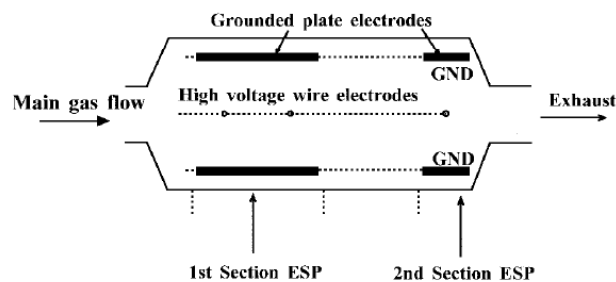
เครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการดักจับฝุ่นที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย แต่เทคโนโลยีเหล่านี้ยังไม่สามารถดักจับฝุ่นที่มีขนาดเล็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต จะต่ำกว่า 50% [1,2] โดยอนุภาคของฝุ่นคว้นระดับซับไมครอน (Submicron) ขนาด 0.1-1 μm ยังสามารถเล็ดลอดจากการดักจับของเครื่องดักจับแบบไฟฟ้าสถิต ซึ่งสามารถส่งผลต่อสุขภาพทางด้านการระบบทางเดินหายใจ จึงทำให้มีการพัฒนาเทคนิคต่างๆ เพื่อให้ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นสูงขึ้น

Jeong Hoon Byeon et al. [6] ได้นำเสนอการกักเก็บอนุภาคขนาดเล็กกว่าไมโครเมตร (Submicron particles) โดยการใช้เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตที่ใช้การปล่อยประจุแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ (Dielectric Barrier Discharge, DBD) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 โดยทำการวัดการกระจายขนาดของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าไมโครเมตรและหาค่าประสิทธิภาพการกักเก็บของอนุภาคสำหรับเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตแบบสองตอน ที่มีส่วนของการอัดประจุเป็นแบบ DBD และส่วนของการตกตะกอนด้วยไฟฟ้าสถิตสำหรับกักเก็บอนุภาค โดยใช้อนุภาค NaCl ขนาด 100-300 nm และ DOS ขนาด 5-800 nm ที่เงื่อนไขทางไฟฟ้าและการไหลบนตัวอัดประจุ DBD ดังนี้ : แรงดันกระแสสลับ 9-10 kV ความถี่ 6-120 Hz ที่อัตราการไหลอากาศ 6-180 L/min เวลาเรสิเดนซ์ของอนุภาค 0.048-0.016 s ประสิทธิภาพการกักเก็บจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มแรงดันขณะความถี่คงที่ ขณะที่ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีการเพิ่มความถี่และอัตราการไหล



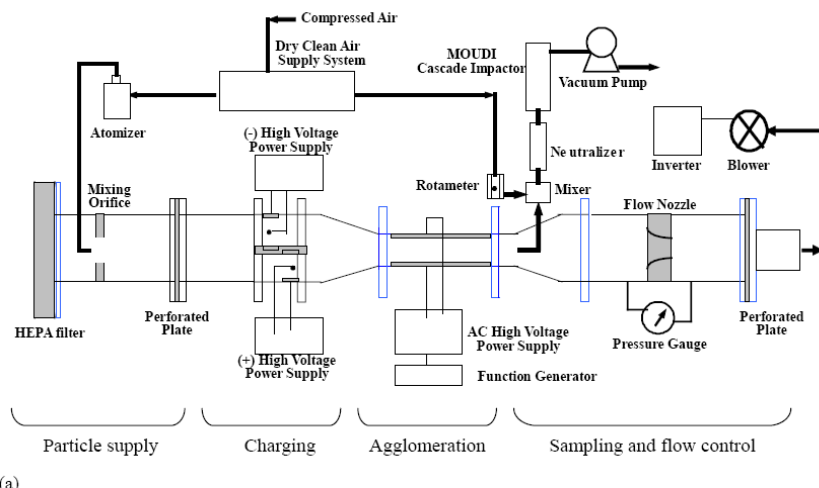
รูปที่ 1.2 ไดอะแกรมการทดลองเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตที่ใช้การอัดประจุแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดีสชาร์จ [6]

Akinori Zukeran et al. [7] ได้ทำการศึกษาความสามารถเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตในการดักจับอนุภาคนาขนาด 0.1-0.01 ไมครอน ภายใต้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และพัลส์ โดยความคุมการป้อนโหลด และใช้พัลส์แคบในการกระตุ้นเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตที่ใช้อิเล็กโทรดแบบลวดและแผ่นสามชุด ดังรูปที่ 1.3 ผลการทดลองภายใต้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรง พบว่าประสิทธิภาพการกักเก็บจะลดลงเมื่อมีการป้อนฝุ่นเพิ่มขึ้น โดยเมื่ออนุภาคมีความเข้มข้นมากกว่า 2.5×10^{10} particle/m³ ระบบจะไม่สามารถกักเก็บอนุภาคนาขนาดเล็กเหล่านั้นได้เลย อย่างไรก็ตามภายใต้การกระตุ้นด้วยพัลส์แคบ และด้วยไฟฟ้ากระแสตรง ประสิทธิภาพการกักเก็บจะมีค่าสูงมากซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มความสามารถในการอัดประจุด้วยอิเล็กตรอน



รูปที่ 1.3 เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตที่ใช้อิเล็กโทรดแบบลวดและแผ่นสามชุด [7]

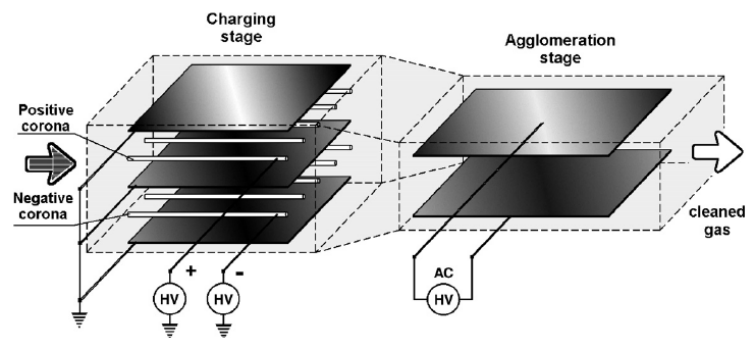
ดังได้กล่าวไปแล้ว ประสิทธิภาพการกักเก็บของเครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิตสำหรับอนุภาคนาขนาดเล็กนั้นมีค่าต่ำ ดังนั้นการเพิ่มความสามารถโดยการทำให้อนุภาคนาขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้น หรืออนุภาคนาขนาดเล็กไปเกาะติดกับอนุภาคนาขนาดใหญ่ Jun-Ho Jia et al. [8] ได้นำเสนอเทคนิคการรวมอนุภาค ดังแสดงในรูปที่ 1.4 ในขั้นตอนแรก อนุภาคจะถูกอัดประจุโดยให้มีขั้วต่างกัน และในขั้นตอนที่สอง จะเป็นการกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งจะทำให้อนุภาคตกตะกอนได้



(a)
รูปที่ 1.4 ไดอะแกรมการทดลองการรวมตัวอนุภาคของ Jun-Ho Jia et al. [8]

อนุภาคจะถูกอัดประจุบวกและอัดประจุลบ แล้วทำให้รวมตัวกันเป็นก้อนด้วยสนามไฟฟ้ากระแสตรง หรือกระแสสลับ สามารถทำให้ความเข้มข้นเชิงจำนวนของอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า

ไมโครเมตรลดลงประมาณ 30% การอัดประจุอนุภาคนั้นยังขึ้นอยู่กับจำนวนอนุภาคของฝุ่น ถ้าจำนวนอนุภาคดังกล่าวมีค่าสูงประสิทธิภาพการอัดประจุจะลดลง [9] ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 1.5



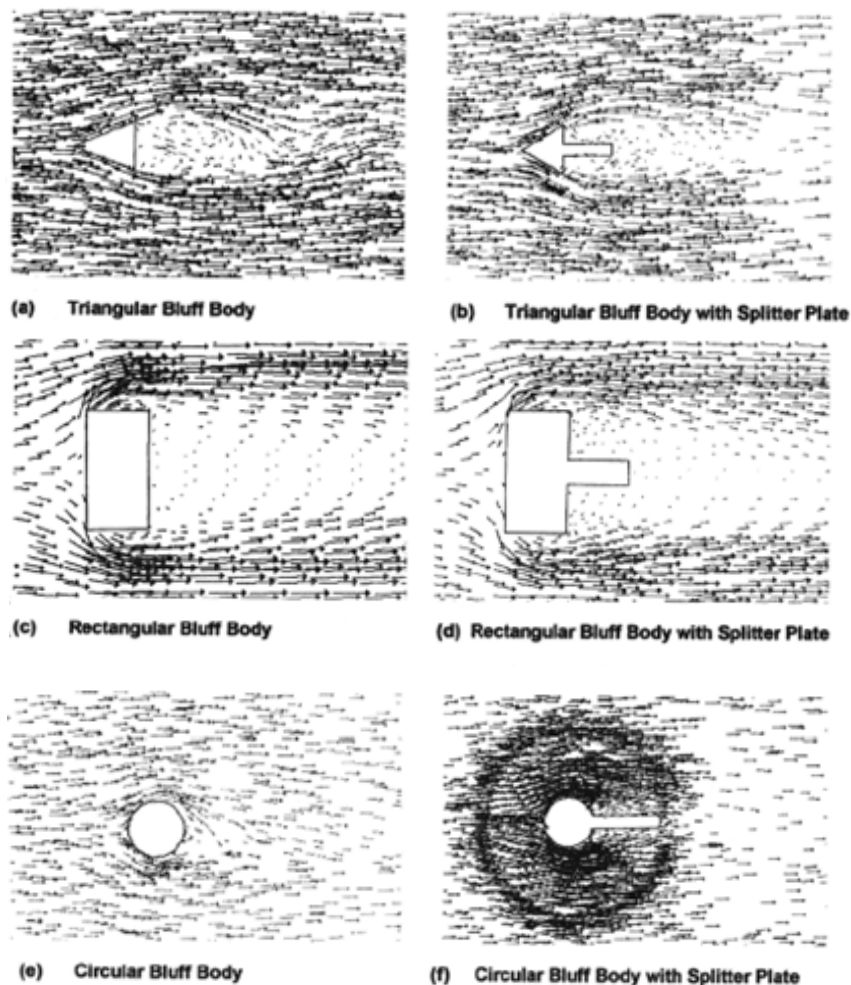
รูปที่ 1.5 เครื่องตกตะกอนที่มีส่วนของการรวมตัวกัน [9]

อนุภาคจะถูกอัดประจุแบบสองขั้วจากการปล่อยประจุโคโรนาในแบบกระแสสลับ แล้วผ่านเข้าไปรวมตัวกันเป็นก้อนขนาดใหญ่ขึ้นในสนามไฟฟ้ากระแสตรง หลังจากนั้นจะเข้าสู่การตกตะกอน ทำให้ประสิทธิภาพการกักเก็บอนุภาคนขนาด 1 ไมโครเมตรสูงเกือบ 100% แต่จะลดลง 10% สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.03 ไมโครเมตร

Thonglek and Kiatsirirot [10] ได้สร้างพลาสมาปราศจากความร้อน (Non-thermal plasma) ซึ่งเกิดจากการป้อนกระแสไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นจังหวะๆ สู่อิเล็กโทรด ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเป็นจังหวะๆ ใช้ระยะเวลาห่างกันน้อยกว่า $1 \mu s$ ซึ่งจะเกิดเป็นสนามไฟฟ้าแรงสูงขึ้นโดยไม่เกิดการนำไฟฟ้า (Spark Breakdown) ระหว่างอิเล็กโทรด พบว่า สามารถสร้างพลาสมา ที่ทำให้อากาศแตกตัวเป็นประจุบวกและลบ เมื่อทำการการผ่านแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง อนุภาคภายในแก๊สจะถูกประจุให้มีขั้วทางไฟฟ้าที่ต่างกัน ส่งผลให้เกิดการรวมตัวของอนุภาคให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้เกิดการตกตะกอนของอนุภาค สามารถดักจับได้ง่ายขึ้น โดยเทคนิคนี้เป็นเทคนิคที่น่าสนใจในการนำมาใช้ดักจับอนุภาคนขนาดเล็ก

1.2.2 การศึกษาการไหลของอากาศผ่านตัวขวางการไหล

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องดักฝุ่นแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator) ด้วยเทคนิคการตกตะกอนอนุภาคด้วยพลาสมาปราศจากความร้อน (Non-thermal plasma) จะมีประสิทธิภาพลดลง เมื่อความเร็วของแก๊สสูงขึ้น วิธีการหนึ่ง คือการเพิ่มระยะเวลาให้แก๊สดังกล่าว อยู่ในสนามไฟฟ้าให้นานขึ้น งานวิจัยนี้ จึงมีแนวความคิดในการติดตั้งตัวขวางการไหล (Bluff body) ทางด้านหน้าของชุดอิเล็กโทรด เพื่อทำให้เกิดการหมุนวน (Vortex) ของของไหล ซึ่ง จะเกิดการสลัดบน-ล่าง ของก้อนเวค (Wake) จนทำให้เกิดการแกว่งของของไหล (Vortex shedding) เพื่อเพิ่มระยะเวลาของอนุภาคฝุ่นให้เคลื่อนที่อยู่ในสนามไฟฟ้าแรงสูงได้นานขึ้น ส่งผลให้การประจุไฟฟ้าให้แก่อนุภาค ทำได้ดีขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอน ซึ่งตัวขวางการไหลมีหลายรูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1.6 ของไหลเมื่อไหลผ่านตัวขวางดังกล่าว จะเกิดการหมุนวน [11] ของของไหลที่บริเวณด้านหลังของตัวขวางการไหล



รูปที่ 1.6 ลักษณะการไหลของของไหลที่ไหลผ่านตัวขวางการไหล [11]

ในงานวิจัยนี้ มีแนวความคิดในการติดตั้งตัวขวางการไหล (Bluff body) ทางด้านหน้า ของชุดอิเล็กโตรด เพื่อทำให้เกิดการหมุนควง (Vortex) ของของไหลเพิ่มระยะเวลาที่อนุภาคฝุ่นอยู่ในสนามไฟฟ้าแรงสูงได้นานขึ้น ส่งผลให้การประจุไฟฟ้าให้แก่อนุภาค ทำได้ดีขึ้น ทั้งนี้จะมีการพิจารณา รูปแบบต่างๆ ของตัวขวาง ที่ไม่ก่อปัญหามาก ในการเกิดความดันตกคร่อม (Pressure Drop) และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตกตะกอนของอนุภาคฝุ่นในแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์โดยรวมเพื่อพัฒนาเครื่องรวมตัวอนุภาคขนาดเล็กด้วยเทคนิคพลาสมาปราศจาก ความร้อน (Non-thermal plasma) ซึ่งจะถูกนำไปประยุกต์ใช้กับระบบเครื่องดักฝุ่นไฟฟ้าสถิต (Electrostatic precipitator, ESP) โดยทำการเพิ่มประสิทธิภาพโดยการติดตั้งตัวขวางการไหล และศึกษาารูปแบบของตัวขวางการไหล (Bluff-body) ที่มีผลต่อการการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กด้วยเทคนิคพลาสมา ช่วยเพิ่มสมรรถนะในการกำจัดอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก ในระดับเล็กมาก (Submicron)

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.1 ชุดสร้างคว้น และชุดอุโมงค์ลมในแนวตั้ง ชุดสร้างสนามพลาสมา จะออกแบบและสร้างให้มีขนาดสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

1.2 ชนิดของคว้นสร้างมาจากการให้ความร้อนแก่น้ำมัน Ondina No. 15

1.3 การสร้างสนามพลาสมาโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าในช่วง 15 kV - 35 kV ความถี่กระแสไฟฟ้า 1-10 KHz กระแสไฟฟ้าป้อนเป็นไฟฟ้ากระแสตรง

1.4 อุโมงค์ลมมีลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าทำจากแผ่นอะคริลิกใส ขนาดกว้าง 6 cm ยาว 8 cm สูง 60 cm ซึ่งวางแนวตั้งและด้านในมีการติดตั้งตัวขวางการไหล และอิเล็กโทรดแบบลวดและแผ่น โดยแยกเป็น Discharge electrode ใช้แบบลวดที่มีลักษณะแบบพินเลื่อย และ Collecting electrode ใช้เป็นแบบแผ่น

1.5 การทดสอบจะมีการเปลี่ยนอัตราการไหลของของไหลในช่วง 0.5 m/s - 3 m/s

1.6 การศึกษาการไหลของของไหลผ่านตัวขวางการไหลรูปแบบต่างๆ จะใช้ CFD มาช่วยในการพิจารณา

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัย

1.1 ได้แนวทางในการออกแบบตัวขวางการไหล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก ระดับซับไมครอน (Submicron)

1.2 ข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นวิธีการในการออกแบบอุปกรณ์ในการดักจับอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก ระดับซับไมครอน