บทคัดย่อ

การรวมตัวของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กโดยเฉพาะที่มีขนาดเล็กว่า 1 ไมครอน จากการเผาไหม้ภายใต้สนามพลาสมา พบว่า การรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็กมากจะมีประสิทธิภาพลดลง เมื่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของอนุภาคสูงขึ้น ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ จึงหาแนวทางในการเพิ่มความสามารถในการตกตะกอน โดยการติดตั้งตัวขวางการไหล ก่อนทางเข้าสู่สนามไฟฟ้า โดยในการศึกษาจะพิจารณาลักษณะการไหลของของไหลผ่านตัวขวางการไหลด้วยเทคนิค CFD เพื่อเลือกลักษณะของตัวขวางการไหลและตำแหน่งติดตั้งที่น่าสนใจ หลังจากนั้นจะถูกนำมาทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาผลของประสิทธิภาพและผลกระทบของตัวขวางการไหลที่มีต่อการรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็ก ภายใต้สนามพลาสมาชนิดไม่มีความร้อน การทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ จะใช้อุโมงค์ลมทำจากอะคริลิคใสขนาด กว้าง 6 cm ยาว 8 cm สูง 60 cm อนุภาคควันเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซล ลักษณะของอิเล็กโทรดเป็นแบบลวดและแผ่นทำจากแผ่นสแตนเลส โดยดิสชาร์จอิเล็กโทรดเป็นแบบฟันเลื่อยและคอลเลคติงอิเล็กโทรดเป็นแบบแผ่น การศึกษาจะพิจารณาผลการทดสอบผลของความเข้มข้นของอนุภาค ความชื้นอากาศ อุณหภูมิก๊าซ ลักษณะการวางดิสชาร์จอิเล็กโทรด และผลของตัวขวางการไหลที่มีต่อการรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็ก ในการทดสอบ จะพิจารณาผลในช่วง แรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ 15-35 kV ความถี่พัลส์ 1-10 kHz ความเร็วก๊าซ 1-3 m/s อุณหภูมิก๊าซ 25-90 $^{\circ}$C

ผลการศึกษาการไหลของของไหลผ่านตัวขวางการไหลด้วย CFD พบว่า ลักษณะตัวขวางการไหลแบบทรงกระบอกกลมและแบบแผ่นเรียบที่เอียงทำมุมปะทะ 45° เป็นลักษณะที่น่าสนใจ เนื่องจากลักษณะทรงกระบอกจะเกิดความดันตกคร่อมน้อยที่สุด ส่วนลักษณะแบบแผ่นเรียบจะเกิดการลักษณะการแกว่งของวอร์เทครุนแรงที่สุด และในการศึกษาผลของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีต่อการรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็ก พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคสูงจะมีประสิทธิภาพในการรวมตัวดีกว่าอนุภาคต่ำ ผลของลักษณะการวางดิสชาร์จอิเล็กโทรด พบว่า การวางแนวฟันเลื่อยขวางการเคลื่อนที่ของอากาศจะมีประสิทธิภาพในการลดจำนวนอนุภาค ดีกว่าการวางแนวฟันเลื่อยแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของอากาศ ความชื้นอากาศจะมีผลต่อการเกิดการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้าในอากาศ ซึ่งความถี่พัลส์ต่ำจะมีโอกาสเกิดการลัดวงจรได้ง่ายกว่าความถี่พัลส์สูง อุณหภูมิของก๊าซในการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการสามารถทดสอบได้ไม่เกิน 100 $^{\circ}$C ทำให้เห็นผลไม่ชัดเจนมากนัก ซึ่งผลของอุณหภูมิก๊าซ พบว่า ที่อุณหภูมิสูงขึ้นประสิทธิภาพในการลดจำนวนของอนุภาคจะดีขึ้นเล็กน้อย และในส่วนผลของการติดตั้งตัวขวางการไหลทั้ง 2 แบบ พบว่า การติดตั้งตัวขวางการไหลในกรณีที่ความเร็วก๊าซสูงขึ้นจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดจำนวนอนุภาคขนาดเล็กได้ โดยลักษณะตัวขวางการไหลแบบแผ่นเรียบและทรงกระบอกกลมจะสามารถลดจำนวนอนุภาคได้ประมาณ 37% และ 27% ตามลำดับ เทียบกับกรณีที่ไม่มีตัวขวางการไหล ที่อัตราการไหล 1 m/s แรงดันไฟฟ้าสูงสุด 35 kV ความถี่พัลส์ 10 kHz

Abstract

Agglomeration under non-thermal plasma field of fine particles less than 1 micron in combustion gas flow was less when the gas velocity increased. In this research study, a technique to enhance the agglomeration performance was carried out by installing a bluff body at the entrance of plasma field. The fluid flow characteristics with various bluff body shapes were considered by technique of computational fluid dynamics (CFD) to find out the appropriate ones and their positions. The results were performed in the experimental study to investigate the agglomeration performance of the plasma field with bluff body. The test rig consisted of an acrylic wind tunnel of 6 cm (width) x 8 cm (length) x 60 cm (height) of which the test section contained a saw-tooth stainless discharge electrode and a set of parallel plate collecting electrodes. The burnt gas came from a combustion of diesel oil in a small burner. In the study, the gas velocity was 1-3 m/s with temperature of 25-90 $^{\circ}$C. The peak supplied voltage was in a range of 15-35 kV and the pulse frequency was between 1-10 kHz.

From the CFD, it could be found that the cylindrical and flat plate (45° attack angle) bluff bodies gave best performances. The cylinder gave lowest pressure drop in fluid flow and the flat plate one showed a highest vortex shedding. These bluff bodies were conducted in the experiments to investigate the agglomeration of fine particles in plasma field. Reduction of very fine particles with high particle concentration in burnt gas was more effective than that with low particle concentration. It could be found that the saw-tooth in perpendicular to the direction of gas flow gave better results than that of the streamwise one. The air humidity gave an effect on electrical breakdown thus at high relative humidity in gas flow, it was recommended to generate high pulse frequency for the peak supplied voltage. For the effect of gas temperature, since in our study the test could not be over 100°C then the results could not be explained significantly. Anyhow, it could be noticed that the fine particle reduction efficiency seemed to be better with higher temperature. With the two bluff-bodies, at higher gas velocity, the fine particle reduction efficiency was better. At gas velocity of 1 m/s with peak supplied voltage at 35 kV and pulse frequency at 10 kHz, the efficiencies could be improved 27 and 37 % for the cylinder and the flat plate bluff-bodies, respectively.