

ชื่อโครงการภาษาไทย : การพัฒนาหอระบบปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงเพื่อบำบัดอากาศภายนอกอาคาร
ชื่อโครงการภาษาอังกฤษ : Development of Photocatalytic Tower for Outdoor Air Treatment
หัวหน้าโครงการ : รองศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ราษฎร์
สังกัด : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Email : crandorn@gmail.com
ทีมวิจัยและสังกัด : รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร อาสนคำ / มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ หกพันนา / มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพล โรจนรัตน์ / มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศาสตราจารย์ ดร.ทนต์เกียรติ เกียรติศิริโรจน์ / มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาการนำกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงมาประยุกต์ใช้งานเพื่อลดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM2.5 โดยทำการสังเคราะห์วัสดุประกอบไฮโดรเจล/ตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงชนิดใหม่ โดยใช้ไฮโดรเจลเป็นตัวรองรับตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง ซึ่งจะทำให้ตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงมีกระจายตัวและยึดเกาะกับไฮโดรเจลได้ดีผลการวิจัยพบว่า วัสดุมีความสามารถในการเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงในการสลาย PAHs ซึ่งประกอบของสารอินทรีย์ในฝุ่น PM2.5 จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น คิวโนล การเผาไหม้เชื้อเพลิงและเศษใบไม้ภายใต้แสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะพบว่าปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) บนแผ่นวัสดุหลังการให้แสงเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งเหมาะสำหรับนำไปใช้ในการสร้างระบบบำบัดอากาศภายนอกอาคาร

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการพัฒนาและนำวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง/ไฮโดรเจลที่ได้จากโครงการวิจัยที่ผ่านมาไปประยุกต์ใช้ในการสร้างหอบำบัดอากาศภายนอกอาคาร โดยจะเตรียมวัสดุผ่านปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบอนุมูลอิสระ (free radical polymerization) ของอะครีลาไมด์ (acrylamide) โดยใช้เอ็น,เอ็น-เมทิลีน-บิส-อะครีลาไมด์ (NMBA) เป็นสารเชื่อมขวางและซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง ผลการทดลองพบว่าซิงค์ออกไซด์จะเกิดการกระจายตัวบนพอลิเมอไรด์ไฮโดรเจลและสามารถขึ้นรูปวัสดุได้ในหลายรูปแบบ การทดสอบความสามารถของวัสดุในการสลายสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ในตัวอย่างฝุ่นจากคิวโนล ด้วยกระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสงภายใต้แสงยูวีพบว่า ปริมาณสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) ในคิวโนล มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างหอบำบัดอากาศ

วัสดุตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง/ไฮโดรเจลที่เตรียมได้จะถูกนำมาใช้งานในระบบกรองอากาศภายในหอคอยบำบัดอากาศ โดยจะใช้แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (computational fluid dynamics, CFD) มาช่วยในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของอากาศทั้งภายในและรอบ ๆ ตัวหอคอยบำบัด รวมทั้งประสิทธิภาพการดักจับอนุภาคขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) ของหอคอย จากผลการวิเคราะห์ทาง CFD สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการออกแบบโครงสร้างและจำลองลักษณะการทำงานของหอคอยได้สำหรับการสร้างหอคอยบำบัดอากาศระบบปฏิกิริยาเชิงแสงจะใช้หลักขลุ่ยกลบในน้ำทำเป็นวัสดุโครงสร้างและปิดด้วยแผ่นอะคริลิกใส เพื่อให้แสงสามารถผ่านไปยังวัสดุตัวเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง/ไฮโดรเจลที่ติดตั้งอยู่ภายในหอคอยได้และตัวหอคอยมีความสูง 2.5 เมตร สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของหอระบบปฏิกิริยาเร่งเชิงแสงในการดักจับอนุภาค PM2.5 จะทำการทดสอบในห้องทดสอบ ซึ่งจะใช้คิวโนลเป็นแหล่งกำเนิดของอนุภาค PM2.5 จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอนุภาครอบหอคอย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วอากาศที่พ่น

ออกจากหอคอยพบว่าประสิทธิภาพในการดักจับอนุภาค PM_{2.5} ของหอคอยด้วยแผ่นวัสดุไฮโดรเจลที่บริเวณทางออกของจุดพ่นด้านบน (Hood) และด้านข้างของหอคอย จะได้ค่าประมาณ 40%

คำสำคัญ กระบวนการเร่งปฏิกิริยาเชิงแสง ไฮโดรเจล อนุภาคนาขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน หอ

Abstract

In a previous research project, a novel photocatalyst/hydrogel was synthesized using polymeric hydrogel as a supporting material, and the photocatalyst particles were well distributed and adhered to the polymeric hydrogel matrix. Additionally, the amounts of individual PAHs in PM samples emitted from incense smoke, corn cob and leaf litter burning significantly decreased after 2 h of sunlight irradiation. Therefore, the photocatalyst/hydrogel composite materials have great potential to be applied as a promising material for air purification in outdoor environment.

This present study focuses on the development and practical application of photocatalyst/hydrogel materials for air purification. These composite materials were prepared through free radical polymerization of acrylamide, using N,N -methylene-bis- acrylamide (NBMA) as crosslink agent, zinc oxide (ZnO) as photocatalyst and self initiator, respectively. The results revealed the distribution of ZnO within the polymeric hydrogel matrix and demonstrated the ability to form various types of materials. The photocatalytic activity of the photocatalyst/hydrogel materials for the degradation of PAHs in particulate matter (PM) emitted from incense smoke was studied. A significant reduction in the amounts of PAHs bound to PM_{2.5} emitted from incense smoke was observed upon exposure to UV irradiation. This finding suggests that the as-prepared photocatalyst/hydrogel has the potential to be a candidate material for air treatment.

The as-prepared photocatalyst/hydrogel materials were employed as a photocatalytic air filtration system within an air purification tower. Computational fluid dynamics (CFD) techniques were applied to assess both the airflow behavior within and around the tower, as well as the efficiency of PM_{2.5} capture. Based on the CFD results, the structure and the operational simulations of the air purification tower were devised. This tower's construction featured hot-dip galvanized steel and an acrylic sheet covering to facilitate the penetration of light to the photocatalyst/hydrogel materials housed within it. The tower stood at a height of 2.5 meters. To evaluate the efficiency of photocatalytic tower in PM_{2.5} capture, the experiments were conducted using incense smoke as the PM_{2.5} emission source. The variation in PM_{2.5} concentrations and the efficiency was investigated by altering the outlet airflow velocity. The results revealed that the efficiency of PM_{2.5} capture at the top (hood) and sides of photocatalytic tower was approximately 40%.

Keywords Photocatalysis, Hydrogel, PM_{2.5}, Tower