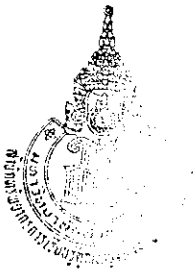
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์



แผนงานวิจัย

การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

Development and Application of Activated Carbon from Rubber Wood Sawdust

โดย

รศ. ดร. จรัญ บุญกาญจน์	ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย และหัวหน้าโครงการ
ผศ. ดร. จุไรวัลย์ รัตนพิสิฐ	หัวหน้าโครงการ
ผศ. ดร. จันทิมา ชั่งสิริพร	หัวหน้าโครงการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนการวิจัย

จาก

สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2549-2550

บทสรุปย่อสำหรับผู้บริหาร

1. รายละเอียดเกี่ยวกับ แผนงานวิจัย

1.1 ชื่อแผนงานวิจัย และ โครงการย่อยภายใต้แผนงานวิจัย

แผนงานวิจัย

(ภาษาไทย) การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

(ภาษาอังกฤษ) Development and Application of Activated Carbon from Rubber Wood Sawdust

โครงการย่อยที่ 1

(ภาษาไทย) สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

(ภาษาอังกฤษ) Optimal Condition of Activated Carbon Production from Rubber Wood Sawdust

โครงการย่อยที่ 2

(ภาษาไทย) คุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

(ภาษาอังกฤษ) Volatile Organic Compounds Adsorption Characteristics of Activated Carbon Produced from Rubber Wood Sawdust

โครงการย่อยที่ 3

(ภาษาไทย) การกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง

(ภาษาอังกฤษ) Removal of Volatile Organic Compounds from Waste Air Using an Activated Carbon Produced from Rubber Wood Sawdust

1.2 คณะผู้วิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย	**รศ. ดร. จรัญ บุญกาญจน์**
หน่วยงานที่สังกัด	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์	0-7428-7002

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1 **ผศ. ดร. จุไรวัลย์ รัตนพิสิฐ**
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 0-7421-2896

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 2 **รศ. ดร. จรัญ บุญกาญจน์**
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 0-7421-2896

หัวหน้าโครงการย่อยที่ 3 **ผศ. ดร. จันทิมา ชั่งสิริพร**
หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
โทรศัพท์ 0-7428-7285

1.3 งบประมาณและระยะเวลาทำวิจัย

ได้รับงบประมาณ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549-2550 งบประมาณ 615,000 บาท
ระยะเวลาทำวิจัย ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2548 ถึง 30 กันยายน 2550

2. ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

อุตสาหกรรมไม้ยางพาราและอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากไม้ยางพารา เช่น อุตสาหกรรมการผลิตเฟอร์นิเจอร์ อุตสาหกรรมการผลิตของเล่น ทั้งที่ผลิตเพื่อการส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศ จัดได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่กระจายตัวอยู่ทั่วภาคใต้ของประเทศ อุตสาหกรรมเหล่านี้สร้างของเสียในรูปของขี้เลื่อยไม้ยางพาราในปริมาณมากและเป็นปัญหาในการจัดเก็บและทำลาย การหาแนวทางเพื่อนำขี้เลื่อยจากไม้ยางพารามาใช้ประโยชน์จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียจากอุตสาหกรรมไม้ยางพาราและอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากไม้ยางพาราเหล่านี้ได้ การศึกษาเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา และการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยเฉพาะการนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ไปใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายเพื่อทดแทนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุประเภทอื่นๆเพื่อลดต้นทุนในการบำบัดมลพิษทางอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็น

3. วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

3.1 เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

3.2 เพื่อประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ในการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสีย

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและการกระตุ้นด้วยไอน้ำ โดยพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสมจากร้อยละผลได้ ค่าการดูดซับไอโอดีน พื้นที่ผิว ความหนาแน่นจริง ความหนาแน่นปรากฏ pH และโครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้

รายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยสำหรับการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราแสดงในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการย่อยที่ 1: สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

4.2 ศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ทำการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา โดยศึกษาผลของความเข้มข้นของ VOCs ผลของอุณหภูมิ และ ผลของชนิดของ VOCs ต่อ Breakthrough curve, Breakthrough time, Saturation time, Adsorption capacity และ Adsorption isotherm ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบหอดูดซับ

รายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยสำหรับการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราแสดงในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการย่อยที่ 2: คุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

4.3 ศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง

ทำการทดลองใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการกำจัด VOCs จากอากาศเสียโดยกระบวนการดูดซับในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง โดยศึกษาถึง ผลของอัตราการไหลของอากาศ

สำนักหอสมุดกลาง อธรรมกระวีสุนทร

เสีย ผลของความเข้มข้นของ VOCs ในอากาศเสีย และ ผลของความสูงของเบดของถ่านกัมมันต์ ต่อประสิทธิภาพการกำจัด VOCs และทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์เพื่อนำถ่านกัมมันต์กลับมาใช้ใหม่

รายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยสำหรับการศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่งแสดงในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการย่อยที่ 3: กำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ผลจากการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ประกอบด้วย อัตราส่วนของขี้เลื่อยต่อกรดฟอสฟอริก อุณหภูมิการกระตุ้น และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกคือ อัตราส่วนของขี้เลื่อยต่อกรดฟอสฟอริก เท่ากับ 1:1.6 อุณหภูมิการกระตุ้นเท่ากับ 552 °C และ เวลาที่ใช้ในการกระตุ้นเท่ากับ 73 นาที จะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 1271 m^2/g ค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 542 mg/g และ ร้อยละผลได้เท่ากับ 49.96

ผลจากการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราด้วยการกระตุ้นด้วยไอน้ำ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ประกอบด้วย เวลาในการคาร์บอไนซ์ อุณหภูมิการกระตุ้น และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีกระตุ้นด้วยไอน้ำคือ เวลาในการคาร์บอไนซ์ 46 นาที อุณหภูมิการกระตุ้น 667 °C และ เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 68 นาที จะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 946 m^2/g ค่าการดูดซับไอโอดีน 646 mg/g และ ร้อยละผลได้เท่ากับ 44.88

รายละเอียดผลการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้แสดงไว้ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการย่อยที่ 1: สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

5.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับเบนซีนบนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่าไอโซเทอร์มการดูดซับสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองของแลงเมียร์ โดยมีค่าความจุในการดูดซับเบนซีนสูงสุด ที่อุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 0.31 g benzene / g activated carbon และมีค่าลดลงเป็น 0.16 g benzene / g activated carbon เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเป็น 50 °C

ผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับทูโลอีนบนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา พบว่าไอโซเทอร์มการดูดซับสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองของแลงเมียร์เช่นกันโดยมีค่าความจุในการดูดซับสูงสุด ที่อุณหภูมิ 30 °C เท่ากับ 0.39 g toluene / g activated carbon และมีค่าลดลงเป็น 0.17 g toluene / g activated carbon เมื่ออุณหภูมิเพิ่มเป็น 50 °C และเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะละมะพร้าวที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราจะมีความจุในการดูดซับเบนซีนและทูโลอีนต่ำกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวประมาณ 1.4 และ 1.6 เท่า ตามลำดับ แต่ค่าการดูดซับเบนซีน และ ทูโลอีน ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ได้จากการศึกษานี้มีความสอดคล้องกับค่าการดูดซับเบนซีนและทูโลอีนเมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้อื่นๆ จึงมีความเป็นไปได้ในการใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสีย

รายละเอียดผลการศึกษาคุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราได้แสดงไว้ในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการย่อยที่ 2: คุณสมบัติการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพารา

5.3 ผลการศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง

ผลการศึกษาการดูดซับทูโลอีนจากอากาศเสียในหอดูดซับแบบเบดนิ่งที่มีความสูงของเบดในช่วง 8-16 cm อัตราการไหลของอากาศเสีย 10-22 l/min และ ความเข้มข้นของทูโลอีนในอากาศเสียในช่วง 500-1300 ppm พบว่า การดูดซับทูโลอีนเกิดได้เร็วขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลของอากาศ และความเข้มข้นของทูโลอีนในอากาศเสียที่เพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มความสูงของเบดของหอดูดซับทำให้เวลาการในการเข้าสู่จุดอิ่มตัวของเบดเพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบการดูดซับของทูโลอีนกับเบนซีนพบว่าที่สภาวะการดูดซับเดียวกันการดูดซับเบนซีนจะอิ่มตัวเร็วกว่าซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาคุณสมบัติที่พบว่าค่าความจุในการดูดซับสูงสุดของเบนซีนจะต่ำกว่าของทูโลอีนดังที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อ 5.2

ผลการศึกษาการฟื้นฟูสภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้วิธีต่างๆ คือ การฟื้นฟูสภาพด้วยไอน้ำ การฟื้นฟูสภาพด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ การฟื้นฟูสภาพด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์ร่วมกับคลื่น Ultrasonic พบว่า การฟื้นฟูสภาพด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรท์และการฟื้นฟูสภาพโซเดียมไฮโปคลอไรท์ร่วมกับ Ultrasonic ทำให้พื้นที่ผิว BET ของถ่านกัมมันต์ลดลง ในขณะที่การฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ด้วยไอน้ำให้ผลของพื้นที่ผิว BET และพื้นที่ผิวที่เกิดจากรูพรุนชนิด Micropore ใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์ใหม่สด แสดงว่าการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์โดยใช้ไอน้ำจะไม่เกิดการทำลายของโครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์ทำให้สามารถนำถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการฟื้นฟูสภาพด้วยไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รายละเอียดผลการศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่งแสดงในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการย่อยที่ 3: กำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราในหอดูดซับแบบเบดนิ่ง

6. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยตามแผนงานวิจัยในทั้ง 3 โครงการย่อย สามารถสรุปได้ว่า การผลิตถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้ยางพาราสามารถทำได้ และถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากขี้เลื่อยไม้ยางพารามีคุณสมบัติเหมาะสมที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการการดูดซับสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสียได้ และสามารถนำถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ได้โดยการฟื้นฟูสภาพด้วยไอน้ำ

7. ข้อเสนอแนะ

ภาครัฐควรมีการกำหนดให้โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆที่ใช้สารอินทรีย์ระเหยง่ายในกระบวนการต้องกำจัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ปนเปื้อนในอากาศเสียของโรงงานก่อนปล่อยอากาศที่ผ่านการบำบัดสู่บรรยากาศต่อไป เทคโนโลยีการดูดซับจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะถูกนำมาใช้ในการบำบัดสารอินทรีย์ระเหยง่ายจากอากาศเสีย ความต้องการการใช้ถ่านกัมมันต์ภายในประเทศจะสูงขึ้น และ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราก็จะเป็นทางเลือกที่สามารถแข่งขันได้กับถ่านกัมมันต์ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป

8. เอกสารประกอบ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ของ โครงการย่อยที่ 1 โครงการย่อย ที่ 2 และ โครงการย่อย ที่ 3