



รายงานการวิจัย

การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านหินลิกไนท์

(Production of Activated Carbon from Lignite Coals)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ ตั้งสฤติย์กุลชัย

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาลี ตั้งสฤติย์กุลชัย

สาขาวิชาเคมี สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ.2542

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์ซึ่งเป็นตัวดูดซับพื้นที่ผิวสูงจากถ่านหินลิกไนท์ โดยใช้กระบวนการกระตุ้นทางกายภาพซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการเตรียมถ่านชาร์โดยการให้ความร้อนแก่ถ่านหิน เพื่อไล่สารระเหยในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน (carbonization) ตามด้วยขั้นตอนการกระตุ้นถ่านชาร์ในเตาเผาแบบท่อด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำซึ่งเจือจางด้วยก๊าซไนโตรเจน สำหรับขั้นตอนการกระตุ้นตัวแปรที่ทำการศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ (700-900 °C) เวลา (30-90 นาที) อัตราการเพิ่มความร้อน (5 และ 20 °C/นาที) ขนาดอนุภาคและแหล่งของถ่านหิน (แม่เกาะและลานนา) โดยถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จะนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบโดยวิธี proximate analysis หาร้อยละผลผลิต หาลักษณะของเส้นไอโซเทอมการดูดซับ วัดพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนในช่วงขนาดต่าง ๆ รวมทั้งทดสอบความสามารถในการดูดซับฟีนอลจากสารละลายเทียบกับถ่านกัมมันต์การค้าซึ่งเตรียมจากกะลามะพร้าว

ผลการวิจัยพบว่าถ่านชาร์ที่เตรียมจากถ่านหินในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 700 °C ถึง 800 °C จะให้ค่าคาร์บอนคงตัวสูงสุดประมาณ 50-55 % โดยน้ำหนัก ค่าร้อยละผลผลิตรวมของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้อยู่ในช่วง 20-50 % โดยน้ำหนัก โดยค่าร้อยละผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาและอุณหภูมิที่ใช้กระตุ้นมีค่าลดลง ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีค่าคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 70% แต่ในขณะที่เดียวกันองค์ประกอบเถ้าก็มีค่ามากด้วย โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 30% เมื่อกระตุ้นด้วย 25% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงสุดประมาณ 460 ตารางเมตรต่อกรัมที่ขนาดอนุภาคในช่วง 300-425 ไมโครเมตร สภาวะคาร์โบไนเซชันที่ 800 °C เป็นเวลา 60 นาทีและสภาวะการกระตุ้นที่ 900 °C เป็นเวลา 60 นาที ที่สภาวะนี้ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีปริมาตรรูพรุนขนาดเล็ก 29% ขนาดกลาง 63% และขนาดใหญ่ 8% โดยมีปริมาตรรูพรุนรวมเท่ากับ 0.38 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัมและขนาดรูพรุนเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 นาโนเมตร โดยรวมลักษณะรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้เป็นแบบรูพรุนขนาดเล็ก (micropores) คือขนาดเล็กกว่า 2 นาโนเมตร ซึ่งแสดงเส้นไอโซเทอมการดูดซับเป็นแบบ Type I แต่เมื่ออุณหภูมิการกระตุ้นเพิ่มจาก 800 °C เป็น 900 °C หรือใช้เวลาในการกระตุ้นนานขึ้นจะเกิดรูพรุนขนาดกลาง (mesopores) เพิ่มมากขึ้นทำให้ไอโซเทอมการดูดซับเปลี่ยนเป็นแบบ Type II นอกจากนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้กระตุ้นสูงขึ้นค่าพื้นที่ผิวจำเพาะจะเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิกึ่งที่พื้นที่ผิวจำเพาะจะเพิ่มขึ้นตามเวลาจนให้ค่าสูงสุดที่ประมาณ 60 นาที แต่ที่เวลานานกว่า 60 นาทีทั้งค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนรวมจะมีค่าลดลง เป็นไปได้ว่าสาเหตุอาจเกิดจากการอุดตันของรูพรุนจากสารระเหยซึ่งอาจถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อเวลานานขึ้น สำหรับผลของขนาดอนุภาคถ่านหินพบว่าเมื่อถ่านหินมีขนาดเล็กลงพื้นที่ผิวจำเพาะและปริมาตรรูพรุนรวมมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งอธิบายได้ว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ

พื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักเมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลง ช่วยให้ปฏิกิริยาเคมีระหว่างคาร์บอนและสารกระตุ้นเกิดได้เร็วขึ้น สำหรับการกระตุ้นด้วยไอน้ำพบว่าให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะมากกว่า เมื่อกระตุ้นด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 10% และให้ขนาดรูพรุนเฉลี่ยใหญ่ขึ้นเล็กน้อย สำหรับผลของแหล่งถ่านหิน พบว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากถ่านลานนาให้ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูงกว่าที่เตรียมจากถ่านหินแม่เมาะ โดยเฉพาะเมื่อใช้ 100%CO₂ ถ่านกัมมันต์จากลิกไนท์สามารถดูดซับฟีนอลจากสารละลายได้มากถึง 80% โดยน้ำหนัก หากความเข้มข้นเริ่มต้นของฟีนอลมีค่าน้อยกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับถ่านกัมมันต์การค้าที่นำมาทดสอบซึ่งเตรียมมาจากกะลามะพร้าว พบว่าถ่านกัมมันต์การค้ามีพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 1197 ตารางเมตรต่อกรัมทำให้มีความสามารถในการดูดซับสารได้สูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากลิกไนท์ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการปรับปรุงสภาพโครงสร้างของถ่านหินลิกไนท์เพื่อช่วยให้การเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยกระบวนการทางกายภาพมีประสิทธิภาพในการเพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะสูงขึ้น

Abstract

This research project was aimed to study the preparation of activated carbon, a large surface area adsorbent, from lignite coal by physical activation process. The preparation method consisted of heating the raw coal under the nitrogen atmosphere, known as carbonization, followed by activating the char in a tube furnace using carbondioxide and water vapor mixed with nitrogen in appropriate proportions. The variables studied for the activation step were temperature in the range 700-900 °C , hold time from 30-90 minutes, heating rates of 5 and 20 °C/ min, particle size and two types of coals (Maemoh and Lanna seams). The activated carbon products were analyzed for the following : proximate analyses, percent yield, type of adsorption isotherm by gas adsorption method, specific surface area, and pore structure. Batch adsorption tests for removing phenol from solutions were also performed to compare the adsorptive capacity between activated carbon prepared from lignite and a commercial activated carbon prepared from coconut shell.

The results showed that coal char prepared under the temperature range from 700 to 800 °C gave the highest of percent fixed carbon of 50 to 55 weight percent. The overall product yield of activated carbon varied from 20 to 50 percent by weight and its value increased with decreasing the time and temperature of activation. On the quality of prepared activated carbon, its fixed-carbon content went up to about 70 percent but the ash content was also high with the maximum of about 30 percent. When activated with 25 % CO₂, maximum specific surface area of 460 m²/g was obtained for coal with particle size of 300 to 425 micrometers, and for carbonization and activation conditions at 800 °C, 60 minutes and 900 °C, 60 minutes, respectively. In addition, the prepared activated carbon possessed the following pore volume distribution : 29% micropores, 63% mesopores and 8% macropores with total pore volume of 0.38 cm³/g and the average pore size of 3.30 nanometers. Most of the activated carbon had pores of micropore sizes of smaller than two

nanometers, thus showing the type I - adsorption isotherm. However, as the activation temperature or the activation time were increased, the volume of mesopores tended to increase, causing the isotherm curve to change toward Type II isotherm.

Generally, increasing the activation temperature resulted in an increase in the specific area of activated carbon. The specific surface area was also found to increase with the time of activation up to about 60 minutes but decreased at longer times, possibly due to the blockage of pores caused by the additional release of volatile components. As to the effect of particle size, it was found that both specific surface area and total pore volume of activated carbon increased with decreasing particle size. This could be due to the corresponding increase in the surface area of coal particles which favored the gasification reaction during the activation step. The use of water vapor as an activating agent gave about 10% increase in the specific area of activated carbon as compared to the use of carbon dioxide and also yielded slightly larger average pore size of the prepared carbon. Activated carbon prepared from Lanna coal gave higher specific area as compared to that from Maemoh coal, particularly when activated with pure CO₂. The adsorptive capacity of activated carbon prepared from lignite coal was able to remove phenol by as much as 80%, provided that the initial phenol concentration was lower than 80 mg/liter. The commercial activated carbon prepared from coconut shell had surface area of 1197 m²/g which showed much higher adsorptive capacity as compared to activated carbon from coal. Methods of modifying the lignite coal structure prior to activation step were also proposed to achieve activated carbon with higher surface area.