

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวอิตญาพร สิงห์ชัย

เรื่อง

การประเมินความน่าจะเป็นในการเกิด Slagging และ Fouling

โดยการใช้ข้อมูลทางกายภาพและทางเคมีของชีวมวล

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2551

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร. วรรัตน์ ปัตตประกร)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร. สราวุธ เทพานนท์)

คณบดี

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรุยา วิสกุล)

บทคัดย่อ

ปัจจุบันภาครัฐสนับสนุนให้ชีวมวลที่เป็นวัสดุเหลือใช้จากภาคการเกษตรกรรมมาใช้ในการผลิตพลังงาน ทดแทนการใช้พลังงานประเภทฟอสซิล ซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม การนำชีวมวลไปใช้อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อเตาเผาจากการเกิด Slagging และ Fouling เคลือบอยู่ตามผนังเตาหรือท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากการหลอมตัวของสารประกอบออกไซด์ในชีวมวล จากปัญหาดังกล่าวจึงนำไปสู่การวิจัยเพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบพื้นฐาน และธาตุที่เป็นองค์ประกอบในถ่านจากการเผาไหม้ของชีวมวล และนำมาวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น โดยชีวมวลที่นำมาศึกษามี 5 ชนิด คือ กะลาปาล์ม, ชานอ้อย , แกลบ, ชังข้าวโพด และกะลามะพร้าว สำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการประเมินการเกิด Slagging และ Fouling โดยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของถ่านในรูปของสารประกอบออกไซด์ กับวิธีการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีซึ่งเป็นวิธีการชะล้างวัตถุชีวมวลด้วยสารละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำ, แอมโมเนียมอะซิเตท และกรดไฮโดรคลอริก ซึ่งเป็นอีกวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบของสาร จากผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีแสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบส่วนใหญ่ของชีวมวลได้แก่ ซิลิคอนและโพแทสเซียม แต่เมื่อนำผลจากการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีมาใช้ประเมินการเกิด Slagging และ Fouling พบว่าความน่าจะเป็นในการเกิด Slagging และ Fouling ลดลงเมื่อเทียบกับวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของถ่านในรูปของสารประกอบออกไซด์ เนื่องจากปริมาณ โพแทสเซียม, โซเดียม ถูกแยกออกไปในส่วนของ การชะล้างด้วยสารละลายต่างๆ

Abstract

In present, biomass from agricultural wastes is supported by government to be used as fuel in stead of fossil fuels which have to be imported and whose prices continuously increase. However the biomass utilization causes slagging and fouling which calces will cover on surface inside furnace resulting from melting oxide compounds in ash. Therefore, many researchers have focused on the properties of solid fuel, for example, moisture content, volatile matter, and ash content. and composition of metal oxide in the ash. In this study, five types of biomass such as, palm shell, bagasse, rice husk, corn cob and coconut shell, were used. The objectives of this study were to evaluate slagging and fouling formation by the main oxide in ash analysis and the chemical fraction analysis. The chemical fraction analysis is a fractionation method that consists of sequential leaching of a solid fuel with water, ammonium acetate and hydrochloric acid. The results from main oxide compounds in ash analysis and chemical fraction analysis showed that the main compositions in biomass are silicon and potassium. However, the slagging and fouling tendencies approximated by chemical fraction analysis became lower due to the removal of sodium and potassium from the leaching process.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อ.ดร.วรรธน์ ปัตตประกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำในด้านต่างๆ พร้อมทั้งให้ความช่วยเหลือผู้เขียนมาโดยตลอด จนทำให้งานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ คุณจิตตรา ดอกบัว, คุณสากล ม่วงเขียว, คุณกิตติ เมธาวงศ์, คุณสมศักดิ์ หิรัญคำด่าง, คุณไพรัช รักพีช, คุณเยาวลักษณ์ ระติกุล และคุณขวัญมนัส มิตรสุพรรณ เจ้าหน้าที่สังกัดภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์การทดลองและการใช้ห้องปฏิบัติการรวมทั้งคำแนะนำในด้านต่างๆที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณ ทุนวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2550 ที่ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยนี้ ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ พี่ ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกคนที่ให้การช่วยเหลือเป็นอย่างดี เพื่อนเก่าที่ให้อำลักำลังใจ และสุดท้ายขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวที่สนับสนุนและให้อำลักำลังใจผู้เขียนมาโดยตลอด

จึงขอกล่าวนามและแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นางสาวอติตญาพร สิงห์ชัย

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	(1)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	(2)
กิตติกรรมประกาศ.....	(3)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญภาพประกอบ.....	(10)
คำอธิบายย่อ.....	(11)

บทที่

1	บทนำ.....	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
	1.2 วัตถุประสงค์.....	2
	1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
2	ผลงานวิจัยและงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง.....	3
	2.1 เชื้อเพลิงชีวมวล.....	3
	2.2 การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง.....	6
	2.3 การทดสอบคุณภาพของถ่านหิน.....	7
	2.3.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ.....	7
	2.3.2 ค่าความร้อน.....	8
	2.3.3 การสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี.....	9
	2.4 ผลกระทบจากเถ้าของการเผาไหม้เชื้อเพลิงชีวมวล.....	9
	2.4.1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทำนายการเกิดSlaggingและFouling.....	14
	2.5 เครื่องมือในการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง.....	14
	2.5.1 Atomic Absorption Spectrometer (AAS).....	14

บทที่	หน้า
2.5.2 X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF).....	16
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
3 วิธีการวิจัย.....	23
3.1 วัสดุตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	23
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	23
3.2.1 อุปกรณ์ทั่วไป.....	23
3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย.....	24
3.3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	24
3.3.1 การวิเคราะห์หองค์ประกอบพื้นฐานของชีวมวล.....	24
3.3.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเถ้าจากการเผาไหม้.....	30
3.3.3 การวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในวัตถุดิบชีวมวล.....	30
4 ผลการวิจัย.....	31
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบพื้นฐานของชีวมวล.....	32
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเถ้าในรูปของสารประกอบออกไซด์.....	32
4.2.1 ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเถ้าในรูปสารประกอบออกไซด์...32	
4.2.2 ผลการทำนายการเกิด Slagging และ Fouling จากวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของเถ้าในรูปของสารประกอบออกไซด์.....	33
4.2.2.1 พารามิเตอร์ AI.....	33
4.2.2.2 พารามิเตอร์ BAI.....	34
4.2.2.3 พารามิเตอร์ $R_{b/a}$	35
4.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบชีวมวลโดยการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบชีวมวล.....	37
4.3.1 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยการชะล้างวัตถุดิบด้วยน้ำ..37	

4.3.2 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยการชะล้างวัตถุติดด้วย แอมโมเนียมอะซิเตท.....	40
4.3.3 ผลการแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยการชะล้างวัตถุติดด้วย กรดไฮโดรคลอริก.....	43
4.3.4 ผลขององค์ประกอบทางเคมีในกากชีวมวลหลังจากผ่านการ ชะล้างด้วยสารละลายชนิดต่างๆ.....	46
4.3.5 ผลการทำนายการเกิด Slagging และ Fouling จากวิธีวิเคราะห์ องค์ประกอบโดยการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวล.....	49
4.3.5.1 พารามิเตอร์ AI.....	49
4.3.5.2 พารามิเตอร์ BAI.....	50
4.3.5.3 พารามิเตอร์ $R_{b/a}$	51
4.4 เปรียบเทียบผลวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบของถ่านในรูปของสารประกอบ ออกไซด์กับวิธีการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุติดชีวมวล.....	53
4.4.1 พารามิเตอร์ AI.....	53
4.4.2 พารามิเตอร์ BAI.....	54
4.4.3 พารามิเตอร์ $R_{b/a}$	56
4.5 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ของชีวมวลแต่ละชนิด.....	57
5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	59
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบจากการทดลอง.....	61
ภาคผนวก ข ตัวอย่างการคำนวณ.....	69
ข-1 การคำนวณหาปริมาณความชื้นของกะลาปาล์ม.....	69
ข-2 การคำนวณหาปริมาณเถ้าของกะลาปาล์ม.....	69

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ข-3 การคำนวณหาปริมาณสารระเหยของกะลาปาล์ม.....	70
ข-4 การคำนวณหาปริมาณคาร์บอนคงตัวของกะลาปาล์ม.....	70
ข-5 การคำนวณหาค่า AI.....	71
ข-6 การคำนวณหาค่า BAI.....	72
ข-7 การคำนวณหาค่า $R_{b/a}$	72
ภาคผนวก ค วิธีการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี (เพิ่มเติม).....	73
ค-1. การเตรียมตัวอย่าง.....	73
ค-2. การวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์.....	74
ภาคผนวก ง ข้อมูลดิบ(เพิ่มเติม)องค์ประกอบทางเคมีของกะลาปาล์มในกากชีวมวล	
ก่อนการชะล้างด้วยสารละลาย.....	76
ง-1. การเตรียมตัวอย่าง.....	76
ง-2. ข้อมูลดิบจากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุ.....	76
ง-3. ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีก่อนการสกัดแยก.....	77
ง-4. ผลจากการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อเตาเผา.....	79
ภาคผนวก จ การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยชีวมวลในประเทศไทย.....	80
รายการอ้างอิง.....	90

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงศักยภาพพลังงานเหลือทิ้งจากพืชชีวมวลทั้ง 9 ชนิด	4
2.2 แสดงเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนในปี 2551-2554.....	5
2.3 การเปรียบเทียบชีวมวลกับแหล่งพลังงานอื่นๆ.....	6
4.1 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประมาณ.....	32
4.2 แสดงผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของถ่านในรูปของสารประกอบออกไซด์.....	32
4.3 ผลการวิเคราะห์ค่า AI.....	33
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่า BAI.....	35
4.5 ผลการวิเคราะห์ค่า $R_{b/a}$	36
4.6 ผลการวิเคราะห์ค่า AI.....	49
4.7 ผลการวิเคราะห์ค่า BAI.....	50
4.8 ผลการวิเคราะห์ค่า $R_{b/a}$	51
4.9 ผลการเปรียบเทียบค่า AI.....	53
4.10 ผลการเปรียบเทียบค่า BAI.....	54
4.11 ผลการเปรียบเทียบค่า $R_{b/a}$	56
4.12 ผลการเปรียบเทียบชีวมวลแต่ละชนิด.....	57
ก-1 ข้อมูลการทดลองในการอบชีวมวลเพื่อหาปริมาณความชื้น.....	61
ก-2 ข้อมูลการทดลองในการเผาชีวมวลเพื่อหาปริมาณถ่าน.....	61
ก-3 ข้อมูลการทดลองในการเผาชีวมวลเพื่อหาปริมาณสารระเหย.....	62
ก-4 ข้อมูลจากการทดลองในการหาค่าความร้อนการเผาไหม้.....	62
ก-5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของถ่านในรูปสารประกอบออกไซด์.....	63
ก-6 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ในสารละลายหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลกะลาปาล์ม.....	64
ก-7 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ในสารละลายหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลขาน้อย.....	64
ก-8 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ในสารละลายหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลกลับ.....	65
ก-9 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ในสารละลายหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลซึ่งข้าวโพด.....	65
ก-10 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ในสารละลายหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลซึ่งข้าวโพด.....	66
ก-11 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ที่เหลืออยู่ในกากชีวมวลหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลกะลาปาล์ม.....	66
ก-12 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ที่เหลืออยู่ในกากชีวมวลหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลชานอ้อย.....	67
ก-13 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ที่เหลืออยู่ในกากชีวมวลหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลกลับ.....	67
ก-14 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ที่เหลืออยู่ในกากชีวมวลหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลซึ่งข้าวโพด.....	68
ก-15 ผลการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุชนิดต่างๆ	
ที่เหลืออยู่ในกากชีวมวลหลังจากมีการชะล้างของชีวมวลกะลามะพร้าว.....	68
ง-1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แสดงปริมาณธาตุในชีวมวล	
ก่อนมีการชะล้างของกะลาปาล์ม.....	77
ง-2 ผลการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของกะลาปาล์มระหว่างวิธีวิเคราะห์	
องค์ประกอบได้ในรูปสารประกอบออกไซด์กับวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี	
ก่อนการสกัดแยก.....	78
ง-3 การเปรียบเทียบผลกระทบต่อเตาเผาของกะลาปาล์มระหว่างวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบ	
ได้ในรูปสารประกอบออกไซด์กับวิธีการสกัดแยกองค์ประกอบทางเคมี.....	79

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
2.1 (a) - (c) แผนภาพแสดงขั้นตอนการเกิดรังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนซ์ของสารตัวอย่าง...	17
2.2 แผนภาพแสดงส่วนประกอบหลักในเครื่อง XRF.....	19
2.3 ภาพแสดงเครื่อง XRF.....	19
4.1 กราฟแสดงค่า AI.....	34
4.2 กราฟแสดงค่า BAI.....	35
4.3 กราฟแสดงค่า $R_{b/a}$	36
4.4 แสดงผลการแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการชะล้างวัตถุบิ ด้วยน้ำของชีวมวลแต่ละชนิด.....	37
4.5 แสดงผลการแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการชะล้างวัตถุบิ ด้วยแอมโมเนียมอะซิเตทของชีวมวลแต่ละชนิด.....	40
4.6 แสดงผลการแยกองค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการชะล้างวัตถุบิ ด้วยกรดไฮโดรคลอริกของชีวมวลแต่ละชนิด.....	43
4.7 ผลองค์ประกอบทางเคมีในกากชีวมวลหลังจากชะล้างด้วยสารละลายชนิดต่างๆ....	46
4.8 กราฟแสดงค่า AI.....	49
4.9 กราฟแสดงค่า BAI.....	51
4.10 กราฟแสดงค่า $R_{b/a}$	52
4.11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า AI.....	53
4.12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า BAI.....	55
4.13 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า $R_{b/a}$	56
ง-1 ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีก่อนการสกัดแยกของกะลาปาล์ม.....	77

คำอธิบายย่อ

AAS	Atomic Absorption Spectrometer
AI	Alkali Index
BAI	Bed Agglomeration Index
Rb/a	Base to Acid Ratio
XRF	X-ray Fluorescence Spectrometer