

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาถ่านอัดแท่งจากกระดาษสำนักงานและมวลชีวภาพ
ชื่อผู้เขียน	พรเทพ หอมผกา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุญนาค
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะผลิตพลังงานทดแทนจากขยะชีวะมวลในสำนักงาน ที่สามารถนำมาใช้ในครัวเรือน อีกทั้งต้องการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตถ่านจากเศษกระดาษและวัชพืชภายในอาคารสำนักงานและศึกษาประสิทธิภาพของถ่านเชื้อเพลิงสำหรับนำไปใช้ในครัวเรือน

การพัฒนาได้ใช้ถ่านอัดแท่งจากกระดาษสำนักงานและมวลชีวภาพโดยอาศัยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็นและใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ทำให้จากการนำกระดาษและเศษวัชพืชมาอัดร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง แล้วผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยมีสัดส่วนการผสมที่ 40:60 20:80 50:50 60:40 80:20 ตามลำดับ

จากการศึกษาภายหลังจากทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ รวมถึงการทดสอบทางกล ในแต่ละอัตราส่วนและเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนแล้วพบว่าถ่านที่อัตราส่วน 40:60 สามารถให้ค่าความร้อนดีที่สุดในที่ 5,350 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม โดยมีความชื้นไม่เกิน 8% ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน อีกทั้งค่าความต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงอยู่ที่ 1.54 MPa มีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์และมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 2.54 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์นี้สามารถกักเก็บได้ภายในระยะเวลาประมาณ 6 เดือนสำหรับกำลังการผลิตที่ 400 กิโลกรัมต่อวัน

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง/ กระดาษ /มวลชีวภาพ /เอ็กซ์ทรูชัน

Thesis Title	Development of Compressed Coal Bars from Recycled Office Paper and Biomass
Author	Pornthep Hompaka
Thesis Advisor	Assistant Professor Tika Bunnag, Ph.D.
Department	Building Management Technology
Academic Year	2012

ABSTRACT

This research aims to produce an alternative energy, which made from office garbage, for supplying in house holding including with studying the optimum ratio for generating cinder by mixture between office paper and weed. Moreover, the research will also study the efficiency of compressed coal bars in residential utilization as well.

The development has been using the cold extrusion process as the fundamental technique by using tapioca starch as the binder. This generated coal has been composed of office paper and weed by compressing with many ratios at 40:60, 20:80, 50:50, 60:40, and 80:20 by ranking.

After chemical, physical and mechanical testing with many ratios, the satisfied result after compared with the local quality standard found that the coal at ratio 40:60 can give the best heat value at 5,350 kilocalories per kilogram with humidity not over eight percent, which is higher than local quality standard. For the product hardness can give the best result at 1.54 MPa, which is also higher than trading standard. Finally, the cost of this generated coal is at 2.54 baht per kilogram and the payback period is approximately within six months which is against the speed of production at 400 kilograms per day.

Keywords: compressed coal, paper, biomass, extrusion

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดิเกะ บุนนาค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ ประชานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่ช่วยประสานงานให้คำแนะนำ และช่วยเหลือทางด้านต่างๆ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จด้วยดี และผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ช่วยประสาทวิชาความรู้ต่างๆ ให้กับผู้เขียน

ขอกราบขอบพระคุณ บริษัทบริการเชื้อเพลิงการบินกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ทุนการศึกษาระดับปริญญาโท บริษัทไทยซูมิ จำกัด ที่ให้คำปรึกษาอัตราส่วนผสม คุณรุ่ง ทรัพย์ประเสริฐ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องอัดเชื้อเพลิง อาจารย์อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ และอาจารย์ชัยวัตร พุกสุข จากมหาวิทยาลัยศรีปทุมที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือในการทดสอบหาค่าความแข็งของเชื้อเพลิง

ขอขอบพระคุณบิดามารดา รวมทั้งพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ที่ทำงานที่คอยช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมวัตถุดิบในการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วยดีเสมอมา

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอมอบความดีทั้งหมดของผลงานวิจัยนี้ แก่ บิดา มารดา ผู้เป็นที่รักตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่กล่าวมาข้างต้นและทุกท่านที่ให้การสนับสนุนทุกเรื่องๆ รวมทั้งกำลังใจที่สนับสนุนอยู่เบื้องหลังความสำเร็จนี้

พรเทพ หอมผกา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	๗
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	๘
กิตติกรรมประกาศ.....	๙
สารบัญตาราง.....	๙
สารบัญภาพ.....	๑๐
รายการสัญลักษณ์.....	๑๑
ประมวลศัพท์และคำย่อ.....	๑๑
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.5 ระยะเวลาการดำเนินการศึกษา.....	7
2. แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 สิ่งของที่เหลือใช้อยู่ในรูปของขยะ.....	8
2.2 ขยะในสำนักงาน.....	12
2.3 พลังงานชีวมวล.....	23
2.4 กระบวนการในการผลิตถ่านอัดแท่ง.....	31
2.5 สมรรถนะและมลภาวะของถ่านอัดแท่ง.....	33
2.6 การประเมินคุณภาพและสมบัติทางเชื้อเพลิง.....	37
2.7 มาตรฐานเกี่ยวกับคุณสมบัติจากสมาคม.....	38
2.8 การจัดแบ่งมาตรฐาน ASTM.....	39
2.9 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.).....	40

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.10 การผลิตถ่าน.....	40
2.11 ถ่านที่มีคุณภาพ.....	43
2.12 การทดสอบคุณภาพถ่าน.....	44
2.13 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	46
3. ระเบียบวิธีวิจัย.....	49
3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยทดลอง.....	49
3.2 สถานที่ทำการทดลอง.....	51
3.3 ระยะเวลาในการทดลอง.....	51
3.4 การวางแผนการทดลอง.....	51
3.5 การดำเนินการผลิตถ่านอัดแท่ง.....	53
3.6 ต้นทุนการผลิต.....	60
3.7 เกณฑ์ในการตัดสินใจ.....	60
3.8 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตถ่าน.....	61
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
4.1 วิเคราะห์คุณสมบัติวัตถุดิบแต่ละชนิด.....	63
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติวัตถุ 2 ชนิด รวมตัวกันตามอัตราส่วน.....	70
4.3 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต่อหน่วย.....	75
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	78
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	78
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	79
บรรณานุกรม.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ข้อมูลการนำเข้าพลังงานภายในประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2552.....	2
1.2 การเก็บขนมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550-2551.....	3
1.3 แผนการดำเนินงานในการวิจัย.....	7
2.1 คุณสมบัติของกระดาษ.....	17
2.2 ปริมาณการใช้กระดาษเฉลี่ยต่อคนของกลุ่มประเทศอาเซียน (พ.ศ. 2521).....	19
2.3 ปริมาณการผลิตเยื่อกระดาษจากวัตถุดิบเส้นใยชนิดต่างๆ ในแต่ละภูมิภาคเฉลี่ยของปีพ.ศ. 2542-2545.....	20
2.4 ตัวอย่างกระดาษที่นำมารีไซเคิล.....	21
2.5 คุณสมบัติพลังงานชีวมวลที่เกิดขึ้น.....	24
2.6 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และควันหรือฝุ่นละอองต่อมนุษย์.....	36
2.7 แสดงการเปรียบเทียบคุณลักษณะด้านเชื้อเพลิงระหว่างแกลบกับไม้.....	40
3.1 การวางแผนการทดลอง.....	52
3.2 อัตราส่วนผสมที่อยู่ภายในถ่านอัดแท่งกรณีส่วนผสม กระดาษเศษวัชพืช และแป้งเปียก.....	56
3.3 อัตราส่วนผสมที่อยู่ภายในถ่านอัดแท่งกรณีส่วนผสมกระดาษและแป้งเปียก.....	56
3.4 อัตราการรับซึ่ของขยะตามมาตรฐาน.....	61
3.5 พิจารณาอัตราค่าความร้อนเทียบกับราคา.....	62
3.6 เปรียบเทียบระหว่างการขายกระดาษ A-4 กับการนำไปผลิตถ่านอัดแท่ง.....	62
4.1 ค่าทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเศษกระดาษและเศษวัชพืช.....	65
4.2 ค่าความร้อนของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดที่ทำการทดสอบ.....	66
4.3 ปริมาณค่าความชื้น (%) ของแต่ละวัตถุดิบ.....	67
4.4 ปริมาณเถ้า (%) ของแต่ละวัตถุดิบ.....	67
4.5 ค่าทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเศษกระดาษและเศษวัชพืช.....	68
4.6 ค่าทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของเศษกระดาษและเศษวัชพืช จากการผสมรวมกัน.....	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.7 ค่าทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของถ่านอัดแท่ง	
จากเศษกระดาษและเศษวัชพืช.....	72
4.8 รายการราคาต้นทุนของเครื่องผลิตถ่านอัดแท่งเศษกระดาษและวัชพืช.....	75
4.9 รายการราคาต้นทุนของการผลิตถ่านอัดแท่ง.....	75
4.10 ต้นทุนรวมของแต่ละและอัตราส่วนผสม.....	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ปริมาณการผลิตและการใช้น้ำมันของโลก.....	1
2.1 ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี.....	8
2.2 ขยะทั่วไปตามสถานที่ชุมชน.....	9
2.3 ขยะอันตรายตามสถานที่ชุมชน.....	10
2.4 สถานที่แต่ละที่มีปริมาณขยะขึ้นอยู่กับการใช้งาน.....	11
2.5 กระดาษ A4 และหนังสือพิมพ์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว.....	12
2.6 สถานที่เก็บเอกสารที่ใช้งานแล้วของทางบริษัท.....	13
2.7 อัตราส่วนกระดาษเอกสารที่ใช้งานแล้วของทางบริษัท.....	13
2.8 ถังขยะแสดงสีเพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจ.....	14
2.9 อัตราส่วนขยะที่แบ่งตามเกณฑ์.....	15
2.10 อัตราส่วนกระดาษเอกสารที่ใช้งานแล้วของทางบริษัท.....	15
2.11 การผลิตเป็นโต๊ะและเก้าอี้และอื่นๆ ที่ทำมาจากกล่องกระดาษและกระดาษ.....	22
2.12 กระดาษรีไซเคิล	22
2.13 วัชพืช Imperta cylindrical Beauv	25
2.14 การหมักขยะทำปุ๋ย	27
2.15 การนำขยะไปทิ้งไว้ตามธรรมชาติ	28
2.16 การเผาขยะตามชุมชน	30
2.17 การเผาขยะแบบควบคุมมลพิษ	31
2.18 (ก) ถ่านกรรมวิธีการผลิตอัดร้อน (ข) กรรมวิธีการผลิตอัดเย็นรีไซเคิล.....	41
3.1 ภาพรวมเครื่องบดย่อยได้ทั้งกระดาษและเศษวัชพืช.....	50
3.2 ภาพรวมภายในเครื่องบดย่อย.....	50
3.3 ภาพรวมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการผลิตถ่านอัดแท่ง.....	50
3.4 ขั้นตอนกระบวนการผลิตถ่านอัดแท่ง.....	53
3.5 ข้อมูลปริมาณขยะรวมภายในบริษัท.....	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.6	54
3.7	55
3.8	57
3.9	57
4.1	64
4.2	64
4.3	68
4.4	69
4.5	69
4.6	70
4.7	73
4.8	74
4.9	74

รายการสัญลักษณ์

m	มวลของถ่านอัดแท่ง	g
v	ปริมาตรของถ่านอัดแท่ง	cm^3
V_{Ash}	ร้อยละของปริมาณเถ้า	
V_{mois}	ร้อยละของปริมาณความชื้น	
V_{vol}	ร้อยละของปริมาณสารระเหย	
W_1	น้ำหนักถ้วยCrucibleและตัวอย่างก่อนอบ	
W_2	น้ำหนักถ้วยCrucibleและตัวอย่างหลังอบ	g
W_3	น้ำหนักถ้วยCrucibleและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา	g
W_4	น้ำหนักถ้วยCrucible	g
W_5	น้ำหนักของ Crucible + ฝา + ตัวอย่างก่อนเผา	g
W_6	น้ำหนักของ Crucible + ฝา + ตัวอย่างหลังเผา	g
W_{after}	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ	g
W_{before}	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ	g
ρ	ความหนาแน่นของถ่านอัดแท่ง	g/cm^3
C_0	ร้อยละของคาร์บอนคงตัว	

ประมวลศัพท์และคำย่อ

Te	ต้นทุนรวม (Total Cost)	บาท
Fe	ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)	บาท
Ve	ต้นทุนแปรผัน (Total Variable Cost)	บาท
V	ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย (Variable Cost/unit)	บาท
N	จำนวนน้ำหนักของเชื้อเพลิงแห้งที่จุดคุ้มทุน	kg
R	รายรับ (Revenue)	บาท
P	ราคาขายต่อ	บาท/kg
V0	ปริมาณถ่านที่ผลิตได้	kg
De	วันรวมในการผลิต 260	วัน/ปี
Tr1	รายรับรวมในการผลิต 1 ปี	ปี
TR	รายรับสุทธิ	บาท/ปี
Tc	ต้นทุนวัตถุดิบการผลิต	บาท/ปี
Pb	ระยะเวลาคืนทุน	ปี