แก๊สสังเคราะห์จากขยะพลาสติกโดยแกซิฟิเคชันด้วยไอน้ำและออกซิเจน

นางสาว ปรางค์เนตร เฟื่องฟุ้ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SYNGAS FROM WASTE PLASTICS BY STEAM/O_2 GASIFICATION

Miss Prangneth Friengfung

A thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic year 2007

Copyright of Chulalongkorn University

500908

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แก๊สสังเคราะห์จากขยะพลาสติกโดยแกซิฟิเคชันด้วยไอน้ำและออกซิเจน
โดย	นางสาว ปรางค์เนตร เฟื่องฟุ้ง
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร.ประพันธ์ คูชลธารา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ)

ปรางค์เนตร เฟื่องฟุ้ง : แก๊สสังเคราะห์จากขยะพลาสติกโดยแกซิฟิเคชันด้วยไอน้ำและออกซิเจน (SYNGAS FROM WASTE PLASTICS BY STEAM/O_2 GASIFICATION) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. เลอสรวง เมฆสุต, อ. ที่ปรึกษาร่วม: อ.ดร. ประพันธ์ คูชลธารา จำนวนหน้า 109 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ร้อยละของไอน้ำ อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน ร้อยละของนิกเกิลออกไซด์บนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจากกระบวนการแกซิฟิเคชันของขยะพลาสติกด้วยไอน้ำและออกซิเจน ในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง โดยพลาสติกที่นำมาศึกษา ได้แก่ พอลิสไตรีน (PS) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) และพอลิโพรพิลีน (PP) จากผลการทดลองพบว่าตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์และนิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการแตกตัวของทาร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเมื่ออุณหภูมิ ร้อยละของไอน้ำ อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนและร้อยละของนิกเกิลออกไซด์ในตัวเร่งปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ร้อยละความเข้มข้นของแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีค่าสูงขึ้น โดยพลาสติกทั้ง 4 ชนิด พบว่าพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงจะให้ผลการทดลองดีที่สุด รองลงมา คือ พอลิโพรพิลีน พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และพอลิสไตรีน โดยร้อยละการเปลี่ยนเป็นแก๊สผลิตภัณฑ์ คือ 94 74 74 และ 59 ตามลำดับ ที่ภาวะการทดลอง คือ อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ร้อยละของไอน้ำ 52 โดยปริมาตร อัตราการไหลของแก๊สออกซิเจน 15 มิลลิลิตรต่อนาที (ร้อยละ 12.5 โดยปริมาตร) และร้อยละของนิกเกิลออกไซด์บนตัวเร่งปฏิกิริยา 5 โดยน้ำหนัก

ภาควิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่อนิสิต.....ปรางค์เนตร เฟื่องฟุ้ง.....

สาขาวิชา เคมีเทคนิค ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2550 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4872362923: MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: GASIFICATION / PLASTIC WASTES / MUNICIPAL SOLID WASTE

PRANGNETH FRIENGFUNG : SYNGAS FROM WASTE PLASTICS BY STEAM/O_2 GASIFICATION. THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF. LURSUANG MEKASUT, Dr. Ing., THESIS COADVISOR : PRAPAN KUCHONTHARA, Ph.D., 109 pp.

This research studied effects of various parameters, such as temperature, percentage of steam, oxygen flow rate and percentage of nickel oxide on the catalyst, on the composition of the gaseous product from waste plastic steam/O_2 gasification in a fixed bed reactor. The plastic wastes that were used in this experiment consisted of polystyrene (PS), high density polyethylene (HDPE), low density polyethylene (LDPE) and polypropylene (PP). The result showed that dolomite and nickel dolomite promote tar cracking reactions. The increases in temperature, percentage of steam, oxygen flow rate and percentage of nickel oxide on the catalyst resulted in an increase of hydrogen and carbon monoxide. Furthermore, the experiment showed that among the 4 types of plastic high density polyethylene (HDPE) gave the best results followed by polypropylene (PP), low density polyethylene (LDPE) and polystyrene (PS). The percentages of conversion to syngas from each plastic were 94, 74, 74 and 59 respectively. Under the operating conditions of 850°C, 52 percentage of steam, 15 ml/min (12.5 %v/v) of oxygen and 5 percent of nickel oxide on the catalyst.

Department: Chemical Technology Student's Signature.....ปรางค์เนตร เฟื่องฟุ้ง.....

Field of Study: Chemical Technology Advisor's Signature.....

Academic Year 2007 Co-advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุต อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร. ประพันธ์ คูชลธารา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยดีตลอดมารวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิคที่ได้ให้คำแนะนำในงานวิจัยนี้

งานวิจัยนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีโดยได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านเชื้อเพลิง ภายใต้โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์ปิโตรเลียมและเทคโนโลยีปิโตรเคมี ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยหรือค้นคว้าเพื่อทำวิทยานิพนธ์ ทุนสนับสนุนกลุ่มวิทยานิพนธ์เพื่อการตีพิมพ์เผยแพร่ และกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ อาจารย์ ดร.ประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความช่วยเหลือในการสร้าง ซ่อมแซมเครื่องมือและอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือในการทดลองและห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจอย่างดีและให้การสนับสนุนจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจช่วยเหลือและให้คำแนะนำด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4 ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย..... 4

2 ทฤษฎี..... 5

2.1 ขยะมูลฝอยชุมชน..... 5

2.2 องค์ประกอบและคุณสมบัติของขยะมูลฝอยชุมชน..... 5

2.3 ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนทั่วประเทศ..... 6

2.4 เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน..... 6

2.5 กระบวนการแกซิฟิเคชัน..... 7

2.6 ระบบการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง..... 12

2.7 กระบวนการแบบเบดนิ่ง..... 13

2.8 การทำแก๊สให้สะอาด..... 16

2.9 ตัวอย่างการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากขยะมูลฝอยชุมชน..... 21

2.10 ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี..... 27

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 36

3 เครื่องมือและวิธีการทดลอง..... 39

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง..... 39

3.2 สารตั้งต้นและสารเคมี..... 44

บทที่ หน้า

3.3 วิธีการทดลอง..... 45

4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 48

4.1 องค์ประกอบทางเคมีของพลาสติก..... 48

4.2 สมบัติทางกายภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา..... 49

4.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมการสลายตัวทางความร้อนด้วยเครื่อง thermogravimetric analysis (TGA)..... 52

4.4 แกซิฟิเคชันของขยะพลาสติกในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง..... 54

5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ..... 84

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 84

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 87

รายการอ้างอิง..... 88

ภาคผนวก..... 91

ภาคผนวก ก..... 92

ภาคผนวก ข..... 95

ภาคผนวก ค..... 97

ภาคผนวก ง..... 100

ภาคผนวก จ..... 102

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 109

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	องค์ประกอบเฉลี่ยของตัวอย่างขยะรวมในเทศบาลที่มีปริมาณขยะมากกว่า 100 ตัน/วัน และ 50-100 ตัน/วัน	5
2.2	ปริมาณขยะมูลฝอยชุมชนแบ่งตามภาค ปี พ.ศ.2546	6
2.3	สิ่งเจือปนในแก๊ส ปัญหาและกระบวนการทำแก๊สให้สะอาด	17
2.4	ตารางแสดงค่าความเข้มข้นของมลพิษที่ประกันไว้	24
2.5	ความแตกต่างของการดูดซับทางเคมีและการดูดซับทางกายภาพ	33
3.1	ภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ	42
4.1	ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของพลาสติก	48
4.2	ผลการวิเคราะห์แบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) ของพลาสติก	49
4.3	ผลการวิเคราะห์พื้นที่ผิว BETก่อนใช้	50
4.4	อิทธิพลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์	57
4.5	ระยะเวลาที่สารตั้งต้นสัมผัสกับตัวเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (Contact Time)	75
4.6	ระยะเวลาที่สารตั้งต้นอยู่ในเครื่องปฏิกรณ์เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ (Resident Time)	76
4.7	การเกาะติดของคาร์บอนบนตัวเร่งปฏิกิริยา	79
ง1	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดของตัวมาตรฐาน	100
ง2	ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิดของตัวอย่าง	100
จ1	ข้อมูลการทดลองในกระบวนการแกซิฟิเคชัน	102

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 แสดงทิศทางการไหลของอากาศในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง..... 16

2.2 ผังแสดงกระบวนการทำงานของระบบเตาเผา EBARA's fluidized bed type gasification and ash-melting system..... 21

2.3 แสดงระบบควบคุมมลพิษอากาศจากระบบเตาเผาของ EBARA..... 22

2.4 ของเสียที่เหลือจากการเผาขยะมูลฝอย..... 22

2.5 การนำโลหะที่เหลือจากการเผาไหม้และ slag กลับไปใช้ใหม่..... 23

2.6 แผนผังแสดงการทำงานของระบบเตาเผาเทศบาลเมือง kawakuchi 23

2.7 recycle plaza ซึ่งใช้ความร้อนจากโรงงานเผาขยะมูลฝอย..... 24

2.8 ลักษณะระบบ gasification compact power..... 25

2.9 องค์ประกอบสำคัญของระบบ gasification ของ compact power 25

2.10 โรงกำจัดขยะชุมชนแบบครบวงจรของ compact power..... 26

2.11 อุปกรณ์ในการรองรับปริมาณขยะชุมชนที่เพิ่มขึ้น..... 27

2.12 บทบาทของตัวรองรับที่มีต่อการกระจายตัวของ active species..... 29

2.13 กลไกการเกิดปฏิกิริยาของตัวเร่งปฏิกิริยาวิวิธพันธุ์..... 31

2.14 การดูดซับลักษณะต่าง ๆ ของแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์บนพื้นผิวของแข็งชนิดต่างๆ 34

2.15 แสดงการเตรียมด้วยวิธี wet impregnation..... 36

3.1 แบบจำลองเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง..... 40

3.2 เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่ง..... 41

3.3 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ..... 41

3.4 เครื่อง thermogravimetric/differential thermal analyzer..... 44

4.1 วิเคราะห์ธาตุของตัวเร่งปฏิกิริยาด้วยเครื่อง EDX..... 50

4.2 วิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา 5%NiO/dolomite ด้วยเครื่อง XRD..... 51

4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงมวลเมื่อให้ความร้อนของพลาสติก..... 52

4.4 แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงมวลต่ออุณหภูมิ..... 53

4.5 แสดงโครงสร้างของพลาสติก 54

4.6 แสดงผลของการแกซิฟิเคชันพลาสติกโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 54

4.7 แสดงผลของการแกซิฟิเคชันพลาสติกโดยไม่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด.... 55

ภาพประกอบ หน้า

4.8 แสดงผลของการแกซิฟิเคชันพลาสติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์ต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 56
4.9 แสดงผลของการแกซิฟิเคชันพลาสติกโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 57
4.10 แสดงผลของอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 59
4.11 แสดงผลของอัตราการไหลของแก๊สออกซิเจนต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 60
4.12 แสดงผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 62
4.13 แสดงผลของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาบนตัวรองรับโดโลไมต์ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 63
4.14 อิทธิพลของร้อยละนิกเกิลบนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 64
4.15 อิทธิพลของร้อยละนิกเกิลบนตัวเร่งปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 66
4.16 ผลของอุณหภูมิต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 67
4.17 ผลของอุณหภูมิต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 69
4.18 ผลของร้อยละของไอน้ำต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 71
4.19 ผลของร้อยละของไอน้ำต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 72
4.20 ผลของการใช้พลาสติกผสมต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 73
4.21 ผลของการใช้พลาสติกผสมต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 74
4.22 ผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟายของพลาสติกพอลิโพรพิลีนต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 76
4.23 ผลของปริมาณของเบดในการแกซิฟายของพลาสติกพอลิโพรพิลีนต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 77
4.24 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยาโดโลไมต์หลังทำการทดลองด้วยเครื่อง SEM..... 80
4.25 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์หลังทำการทดลองด้วยเครื่อง SEM..... 80
4.26 วิเคราะห์โครงสร้างของตัวเร่งปฏิกิริยา 5%NiO/dolomite หลังทำการทดลองด้วยเครื่อง XRD..... 81

ภาพประกอบ หน้า

4.27 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ต่อผลิตภัณฑ์แก๊สแต่ละชนิด..... 82
4.28 ผลของการตรวจสอบประสิทธิภาพของการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยานิกเกิลออกไซด์บนตัวรองรับโดโลไมต์ต่อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด..... 83