สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญเรื่อง ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 จุดประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพอลิเมอร์ 5

2.1.1 โครงสร้างและองค์ประกอบของพอลิเมอร์ 5

2.1.2 ชนิดของพลาสติก 7

2.2 การแก้ปัญหาขยะพลาสติก 8

2.3 พลาสติก Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) 9

2.3.1 สูตรโครงสร้าง ABS 9

2.3.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ ABS 9

2.3.3 การนำไปใช้งานของ ABS 10

2.4 พลาสติก High Impact polystyrene (HIPS) 12

2.4.1 สูตรโครงสร้าง HIPS 12

2.4.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ HIPS 12

2.4.3 การนำไปใช้งานของ HIPS 13

2.5 การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่ 14

2.6 กระบวนการแยกพลาสติก 16

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ หน้า

2.6.1 การแยกด้วยมือ 16
2.6.2 การแยกด้วยความหนาแน่น 17
2.6.4 การใช้เทคนิคการปั่นเหวี่ยงช่วยให้เกิดการแยก 17
2.6.5 การใช้ near-critical และ super-critical fluid ในการแยกพลาสติก 18
2.6.6 การใช้เทคนิค froth flotation 20
2.7 แรงตึงผิว 22
2.7.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแรงตึงผิว 22
2.7.2 การวัดแรงตึงผิวของของเหลวโดยใช้ du Nouy tensiometer 25
2.7.3 แรงตึงผิวของน้ำ 26
2.7.4 พลังงานผิวหน้าหรือแรงตึงผิวของพลาสติก 27
2.7.5 flotation และ critical contact สำหรับการเปียก 28
2.8 depressant 30
2.9 กรดแทนนิค (tannic acid) 30
2.9.1 สูตรโครงสร้างของ tannic acid 31
2.9.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ tannic acid 31
2.9.3 การนำไปใช้งานโดยทั่วไปของ tannic acid 32
2.10 frother 32
2.10.1 สูตรโครงสร้างของ pine oil 32
2.10.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ pine oil 33
2.10.3 การนำไปใช้งานของ pine oil 33
2.11 การออกแบบใบกวน 33
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35

3 วิธีดำเนินการวิจัย 38
3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 38
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง 38
3.4 การเนินงานวิจัย 39

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

บทที่ หน้า
4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง 42
4.1 การออกแบบและนำอุปกรณ์มาประกอบเป็นระบบ 42
4.2 ผลการปรับเปลี่ยนสภาวะในการแยกพลาสติก 48
4.2.1 ผลของอุณหภูมิตัวกลางที่มีต่อการแยก 49
4.2.2 ผลของอัตราการไหลของฟองอากาศที่มีต่อการแยก 56
4.2.3 ผลของอัตราเร็วในการกวนที่มีต่อการแยก 61
4.3 การหาสภาวะในการแยกที่เหมาะสม 64
4.4 การวิเคราะห์ความคุ้มทุนของกระบวนการแยกพลาสติก 66
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 70
สรุปผลการศึกษา 70
ข้อเสนอแนะ 70

บรรณานุกรม 72
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์
ภาคผนวก ก 76

ภาคผนวก ข 86

ภาคผนวก ค 96

ภาคผนวก ง 106

ภาคผนวก จ 114

ประวัติผู้วิจัย 118

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

บทที่ 2

2.1 แสดงการนำพอลิเมอร์มาใช้งาน 7

2.2 แสดงสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล เชิงความร้อน และเชิงกระบวนการขึ้นรูป ของ ABS 11

2.3 แสดงสมบัติเชิงกายภาพ เชิงกล เชิงความร้อน และเชิงกระบวนการขึ้นรูป ของ HIPS 13

2.4 แสดงค่าพลังงานผิวหน้าของพลาสติก 27

2.5 แสดงสมบัติของ tannic acid 31

2.6 แสดงสมบัติของ Pine oil 33

บทที่ 4

4.1 แสดงค่าแรงตึงผิวของสารละลายตัวกลางที่ใช้ในการทดลอง ที่อุณหภูมิต่างๆ 55

4.2 แสดงค่า pH ของสารละลาย tannic acid ความเข้มข้น 0.000625 %w/w (เท่ากับที่ใช้แยกในการทดลอง) ที่อุณหภูมิต่าง 55

4.3 แสดงผลการคำนวณความแปรปรวน 3 ทาง 65

4.4 แสดงต้นทุนในกระบวนการแยกในระดับการทดลอง 67

4.4 แสดงราคาของต้นทุนในการสร้างระบบ froth flotation ในระดับการทดลอง ราคาต้นทุนในกระบวนการแยกพลาสติก HIPS และ ABS ในระดับการทดลอง และระยะเวลาคุ้มทุนของการแยก 68

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
บทที่ 1		
1.1	แสดงการแยกพลาสติกโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่น	2
บทที่ 2		
2.1	แสดงโครงสร้างโมเลกุลของพลิเมอร์.....	5
2.2	แสดงสูตรโครงสร้างของ ABS.....	9
2.3	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของพลาสติก ABS.....	10
2.4	แสดงสูตรโครงสร้างของ HIPS.....	12
2.5	แสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของพลาสติก HIPS.....	14
2.6	แสดงสมบัติความแข็งแรงของ polystyrene เมื่อมีการเจือปนของ polybutadiene ที่ปริมาณต่างๆ	15
2.7	แสดงการแยกพลาสติกด้วยการใช้พนักงานคัดแยกด้วยมือ (Manual sorting) ..	16
2.8	แสดงสัญลักษณ์เพื่อใช้ในการแยกขยะพลาสติกแต่ละชนิดออกจาก	16
2.9	แสดงถังแยกขยะพลาสติกโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของพลาสติก	17
2.10	แสดงการแยกพลาสติกภายในเครื่อง hydrocyclone	18
2.11	แสดงความหนาแน่นของ CO_2 เปรียบเทียบกับพลาสติก	18
2.12	แสดงแผนภาพลำดับการแยกด้วย CO_2 fluid.....	19
2.13	แสดงการแยกพลาสติกด้วยวิธี froth flotation.....	21
2.14	แสดงแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่เกิดขึ้นในของเหลว.....	23
2.15	แสดงผลของแรงตึงผิวในการดึงเส้นด้าย.....	23
2.16	แสดงแนวคิดในการคำนวณแรงตึงผิว.....	24
2.17	แสดงการวางและดึงวงแหวนที่ผิวของเหลวในการวัดค่าแรงตึงผิวด้วยเครื่อง du Nouy tensiometer.....	25
2.18	แสดงแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำทำให้เกิดแรงตึงผิว.....	26
2.19	แสดงผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อค่าแรงตึงผิวของน้ำ.....	26
2.20	แสดงพื้นที่หน้าตัดของเส้นใยที่ลอยตัวด้วยแรงตึงผิว.....	28

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

2.21 แสดงการเกาะของฟองอากาศที่ผิวของอนุภาคที่เป็น hydrophobic 29
2.22 แสดงสูตรโครงสร้างของ tannic acid 31
2.23 แสดงสูตรโครงสร้างของ pine oil 32
2.24 รูปแบบของใบกวนชนิดต่างๆ โดย (ก) flat blade turbine
(ข) curved blade turbine (ค) disc turbine 34
2.25 แสดงส่วนประกอบของถังและใบกวนเพื่อใช้ในการคำนวณขนาดใบกวน
ชนิด ใบพาย และ กังหัน 35

บทที่ 4

4.1 แสดงการออกแบบระบบการแยกพลาสติก HIPS และ ABS
ที่ใช้ในเทคนิค froth flotation 42
4.2 แสดงส่วนประกอบ A เป็นตัวถังแก้วใบใน 43
4.3 แสดงลักษณะของมอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนประกอบ B 43
4.4 แสดงลักษณะส่วนประกอบ C เป็นตะแกรงควบคุมฟองอากาศ
และรองรับพลาสติก 44
4.5 แสดงส่วนประกอบ D เป็นแท่งให้ความร้อน 44
4.6 แสดงส่วนประกอบ E เป็นโครงเหล็กที่ใช้ติดตั้งมอเตอร์ 45
4.7 แสดงลักษณะของส่วนประกอบ F แท่งใบกวน 46
4.8 แสดงลักษณะของส่วนประกอบ G แกน และลูกทรายปล่อยฟองอากาศ 46
4.9 แสดงส่วนประกอบ H ซึ่งเป็นถังแก้วใบนอก 47
4.10 แสดงระบบการแยกพลาสติก HIPS และ ABS
ที่ใช้ในเทคนิค froth flotation 47
4.11 แสดงการเปียกผิวของ ABS โดย tannic acid ที่แตกตัวในน้ำ 49
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS
กับ อุณหภูมิตัวกลาง ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ
โดยไม่มีการให้อัตราการไหลของฟองอากาศกับระบบ 50
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อุณหภูมิตัวกลาง
ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ โดยมีการให้อัตราการไหลของฟองอากาศ
กับระบบเท่ากับ 0.6 ลิตรต่อนาที 51

มหาวิทยาลัยศิลปากร ลิขสิทธิ์

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อุณหภูมิตัวกลาง ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ โดยมีการให้อัตราการไหลของฟองอากาศ กับระบบเท่ากับ 1.0 ลิตรต่อนาที..... 52
4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อุณหภูมิตัวกลาง ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ โดยมีการให้อัตราการไหลของฟองอากาศ กับระบบเท่ากับ 1.5 ลิตรต่อนาที..... 53
4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อุณหภูมิตัวกลาง ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ โดยมีการให้อัตราการไหลของฟองอากาศ กับระบบเท่ากับ 2.0 ลิตรต่อนาที..... 54
4.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อัตราการไหลของฟองอากาศ ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ โดยอุณหภูมิตัวกลางเท่ากับ 30°C..... 56
4.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อัตราการไหลของฟองอากาศ ที่อัตราเร็วในการกวนต่างๆ โดยอุณหภูมิตัวกลางเท่ากับ 35°C..... 58
4.19 แผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อุณหภูมิตัวกลาง ที่อัตราการไหลของฟองอากาศ 1.0 ลิตรต่อนาที อัตราเร็วในการกวน 200 รอบต่อนาที..... 60
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อัตราการเร็วในการกวน ที่อัตราการไหลของฟองอากาศต่างๆ โดยอุณหภูมิตัวกลางเท่ากับ 30°C..... 61
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %recovery ของ ABS กับ อัตราการเร็วในการกวน ที่อัตราการไหลของฟองอากาศต่างๆ โดยอุณหภูมิตัวกลางเท่ากับ 35°C..... 62
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง %purity ของ ABS กับ อัตราเร็วในการกวน ที่อัตราการไหลของฟองอากาศ 1.0 ลิตรต่อนาที..... 65

มหาวิทยาลัยศิลปากร ศูนย์วิทยทรัพยากร