

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	4
พอลิเมอร์	9
ประเภทของพอลิเมอร์	11
พอลิเอทิลีน	13
กระบวนการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนทางการค้า	15
ฟิลเลอร์	16
การย่อยสลายพอลิเอทิลีนด้วยรังสี	16
อุณหภูมิหลอมเหลวและอุณหภูมิทรานซิชันแก้ว	17
การตกผลึกของพอลิเมอร์	17
ชุดวิเคราะห์ความร้อนแคลอริเมตริแบบส่องกราดอนุพันธ์	19
การศึกษาสมบัติทางความร้อนด้วยเครื่องแคลอริเมตริแบบส่องกราดอนุพันธ์	22
การหาค่าความจุความร้อน	25
การหาค่าพารามิเตอร์จลน์ของการตกผลึกแบบไอโซเทอร์มัล	28
การหาค่าพารามิเตอร์จลน์ของการตกผลึกแบบไมไอโซเทอร์มัล	30
พลังงานก่อกัมมันต์ของการตกผลึกแบบไมไอโซเทอร์มัล	31
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	31
หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	32
อุปกรณ์และวิธีการ	34
อุปกรณ์	34
สารตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	34

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมและศึกษาสมบัติทางความร้อนของสารตัวอย่าง	34
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาสัณฐานวิทยาของสารตัวอย่าง	38
วิธีการ	40
การเปิดและปิดชุดวิเคราะห์ความร้อน	40
การปรับมาตรฐานเครื่องแคลอริเมตรีแบบส่องกราดอนุพันธ์	40
การปรับมาตรฐานกราฟเส้นฐาน	41
การปรับมาตรฐานอุณหภูมิ	42
การศึกษสมบัติทางความร้อนของแผ่นฟิล์มพลาสติก	43
สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย	44
ผลและวิจารณ์	45
ผลการศึกษาสมบัติทางความร้อน	45
ผลการศึกษาการตกผลึกสัมพัทธ์	57
ผลการศึกษาค่าพารามิเตอร์จลน์ของการตกผลึก	59
ผลการศึกษาพลังงานก่อกัมมันต์ของการตกผลึก	64
ผลการศึกษาสัณฐานวิทยา	65
สรุป	68
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	73
ภาคผนวก ก	74
ภาคผนวก ข	78
ภาคผนวก ค	82
ภาคผนวก ง	84
ภาคผนวก จ	88

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	โครงสร้างเมอร์ อุณหภูมิหลอมเหลว T_m อุณหภูมิแทรนซิชันแก้ว T_g และการใช้งานของพอลิเมอร์บางชนิด	10
2	ความจุความร้อน C_p ที่อุณหภูมิ T ของซัพไฟร์มาตรฐาน	27
3	อุณหภูมิหลอมเหลว และพลังงานหลอมเหลวของสารมาตรฐานบางชนิด	43
4	มวล อุณหภูมิหลอมเหลว T_m ความร้อนของการหลอม ΔH_m ความจุความร้อน C_p ที่อุณหภูมิ 50 °C ของแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ β	47
5	มวล อุณหภูมิของตกผลึกที่ T_c ความร้อนทั้งหมดของการตกผลึก ΔH_c อุณหภูมิสุดท้ายของการตกผลึก T_c อุณหภูมิที่ฟิคของการตกผลึก T_p และเปอร์เซ็นต์การตกผลึก $\% \chi(T_c)$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง	53
6	พารามิเตอร์จลน์ของการตกผลึกแบบไม้อาโซเทอร์มัลของแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่อุณหภูมิการตกผลึก T_c 4 ค่า	61
7	พลังงานก่อกัมมันต์ ΔE ของการตกผลึกแบบไม้อาโซเทอร์มัลของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง	65
8	ลักษณะและขนาด โดยประมาณ ของอนุภาคเคลเซียมคาร์บอเนตในแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (จากภาพถ่ายกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด)	67

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โซโม่เลกุลพอลิเอทิลีนมีอะตอมคาร์บอนอยู่ที่แกนกลาง	9
2	เมอร์ A และเมอร์ B ในโพลิเมอร์บางชนิด	12
3	(ก) พันธะคู่ในโม่เลกุลเอทิลีนแตกออกเป็นเอทิลีนมอนอเมอร์ (ข) โครงสร้างโม่เลกุลของพอลิเอทิลีน	13
4	โครงสร้างโซโม่เลกุลของ (ก) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (ข) พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น	14
5	โครงสร้างผลึกออร์ธอโรมบิกของพอลิเอทิลีน	15
6	ผลิตภัณฑ์ไฮโดรไลต์ซึ่งเกิดจากการรวมกลุ่มกันของผลิตภัณฑ์เมลลา	18
7	ชุดวิเคราะห์ความร้อนแคลอริเมตรีแบบส่องกราดอนุพันธ์ประกอบด้วย (ก) เครื่อง DSC (ข) เครื่องคอมพิวเตอร์ (ค) เครื่องควบคุมวิเคราะห์ความร้อน (ง) เครื่องควบคุมก๊าซ และ (จ) ก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ 99%	20
8	แผนภาพ (ก) ด้านข้าง และ (ข) ด้านล่างของการจัดลดด้านทานให้ความร้อนและลดด้านทานตรวจวัดอุณหภูมิ ภายในเครื่องแคลอริเมตรีแบบส่องกราดอนุพันธ์	21
9	ฝาแบบเหวี่ยงสำหรับเปิดปิดเตาของเครื่อง DSC	22
10	แผนภาพการทำงานของชุด DSC	23
11	กราฟ DSC ของพอลิเอทิลีนที่เจือสารย่อยสลาย CaCO_3 5% โดยน้ำหนัก	23
12	การหาความจุความร้อนของแผ่นฟิล์มพลาสติกโดยวิธีเทียบกับกราฟการไหล ของความร้อนของสารมาตรฐานและเส้นฐาน	26
13	แผนภาพแสดงส่วนประกอบภายในกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	32
14	แผนภาพแสดงอันตรกิริยาแบบต่าง ๆ ระหว่างลำอิเล็กตรอนปฐมภูมิกับ อะตอมของสารตัวอย่าง	33
15	ไมโครมิเตอร์	34
16	ที่เจาะกระดาษ	34
17	คีมสำหรับคีบสารตัวอย่าง	35
18	เครื่องชั่งอย่างละเอียด	35
19	เครื่องปิดผนึกฟอลูมิเนียม	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	กะทะและฝาปิดอลูมิเนียม	36
21	เครื่องแคลอริเมตรีแบบส่องกราดอนุพันธ์	37
22	เครื่องควบคุมวิเคราะห์ความร้อน และเครื่องควบคุมก๊าซ	37
23	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	38
24	เครื่องเคลือบไอออน	39
25	ไนโตรเจนเหลว	39
26	ปุ่มปรับอุณหภูมิและปุ่มปรับความชันของกราฟเส้นฐานของเครื่อง DSC	41
27	กราฟ DSC ของการดูดกลืนความร้อนของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ไม่ได้ผสม CaCO_3 และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก	46
28	(ก) อุณหภูมิหลอมเหลว T_m และ (ข) ความร้อนของการหลอม ΔH_m ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (หาจากกราฟการดูดกลืนความร้อน)	49
29	ความจุความร้อน C_p (ก) เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิของแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ผสม CaCO_3 70% โดยน้ำหนัก ที่ $\beta = 20^\circ\text{C}/\text{min}$ และ (ข) ที่อุณหภูมิ 50°C ของแผ่นฟิล์มตัวอย่างทั้งหมด	50
30	กราฟ DSC ของการคายความร้อนของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ไม่ได้ผสม CaCO_3 และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก	52
31	(ก) อุณหภูมิของการตกผลึก T_c และ (ข) เปอร์เซ็นต์การตกผลึก $\% \chi(T_c)$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (หาจากกราฟการคายความร้อน)	55
32	(ก) อุณหภูมิที่พีคของการตกผลึก T_p และ (ข) ความร้อนของการตกผลึก ΔH_c ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (หาจากกราฟการคายความร้อน)	56
33	กราฟการตกผลึกสัมพัทธ์ $\chi(T)$ ที่อุณหภูมิ T ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ไม่ได้ผสม CaCO_3 และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก	58
34	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln[-\ln(1-\chi(T))]$ กับ $\ln \phi$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ไม่ได้ผสม CaCO_3 และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก (ที่อุณหภูมิของการตกผลึก 110, 112, 114 และ 116°C)	60
35	(ก) ค่าเอกซ์โพเนนต์ Ozawa m และ (ข) $\ln Z(T)$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
36 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln \phi / T_p^2$ กับ $1/T_p$ ของการตกผลึกแบบไมโอโซเทอร์มัล	64
37 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง	66
ภาพผนวกที่	
ก1 กราฟ DSC ของการดูดกลืนความร้อนของ แผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 20% และ (ข) ผสม CaCO_3 30% โดยน้ำหนัก	75
ก2 กราฟ DSC ของการดูดกลืนความร้อนของ แผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 35% และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก	76
ก3 กราฟ DSC ของการดูดกลืนความร้อนของ แผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 60% และ (ข) ผสม CaCO_3 70% โดยน้ำหนัก	77
ข1 กราฟ DSC ของการคายความร้อนของ แผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 20% และ (ข) ผสม CaCO_3 30% โดยน้ำหนัก	79
ข2 กราฟ DSC ของการคายความร้อนของ แผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 35% และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก	80
ข3 กราฟ DSC ของการคายความร้อนของ แผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 60% และ (ข) ผสม CaCO_3 70% โดยน้ำหนัก	81
ง1 กราฟความสัมพันธ์ของการตกผลึกสัมพัทธ์ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 20% และ (ข) ผสม CaCO_3 30% โดยน้ำหนัก	85
ง2 กราฟความสัมพันธ์ของการตกผลึกสัมพัทธ์ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 35% และ (ข) ผสม CaCO_3 50% โดยน้ำหนัก	86
ง3 กราฟความสัมพันธ์ของการตกผลึกสัมพัทธ์ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 60% และ (ข) ผสม CaCO_3 70% โดยน้ำหนัก	87

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
จ1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln[-\ln(1-\chi(t))]$ กับ $\ln \phi$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 5% และ (ข) ผสม CaCO_3 20% โดยน้ำหนัก (ที่อุณหภูมิของการตกผลึก 110, 112, 114 และ 116°C)	89
จ2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln[-\ln(1-\chi(t))]$ กับ $\ln \phi$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 30% และ (ข) ผสม CaCO_3 35% โดยน้ำหนัก (ที่อุณหภูมิของการตกผลึก 110, 112, 114 และ 116°C)	90
จ3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln[-\ln(1-\chi(t))]$ กับ $\ln \phi$ ของแผ่นฟิล์มตัวอย่าง (ก) ผสม CaCO_3 60% และ (ข) ผสม CaCO_3 70% โดยน้ำหนัก (ที่อุณหภูมิของการตกผลึก 110, 112, 114 และ 116°C)	91