

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำและความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพอลิเมอร์	1
1.1 วิวัฒนาการของการผลิตพอลิเมอร์ในเชิงพาณิชย์	1
1.2 การแบ่งชนิดของพอลิเมอร์	3
1.2.1 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามแหล่งกำเนิด	3
1.2.2 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามโครงสร้างและ การเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน	4
1.2.2.1 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามโครงสร้างของพอลิเมอร์	4
1.2.2.2 แบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามกลไกของปฏิกิริยา พอลิเมอร์ไรเซชัน	5
1.2.3 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามอุตสาหกรรมการผลิตและ ชนิดผลิตภัณฑ์	6
1.2.3.1 พลาสติก	6
1.2.3.2 อีลาสโตเมอร์ (Elastomer)	7
1.2.3.3 เส้นใย (Fibers)	7
1.2.3.4 วัสดุเคลือบผิว (Surface coating)	8
1.2.3.5 กาว (Adhesives)	8
1.2.3.6 ฟองน้ำ (Foams)	8
1.2.3.7 พอลิเมอร์เชิงประกอบ (Polymer Composites)	8
1.2.4 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามระดับผลึก	8
1.2.5 การแบ่งชนิดเทอร์โมพลาสติกตามการประยุกต์ใช้งาน	9
1.3 วัตถุประสงค์สำหรับการผลิตพลาสติก	10
1.4 ชื่อย่อของพลาสติก	15
1.5 การผลิตพลาสติกในประเทศไทย	19
บทที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์	24
2.1 บทนำ	24
2.2 โครงสร้างของพอลิเมอร์	24
2.2.1 โคพอลิเมอร์	24
2.2.2 แทคติซิตี (Tacticity)	25

2.2.3	ไอโซเมอร์ (Geometrical isomer)	26
2.3	น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์	27
2.4	ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับการละลายของพอลิเมอร์	29
2.5	ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง การเกิดผลึกและสมบัติของพอลิเมอร์	32
บทที่ 3	การวัดรีโอโลยีของพลาสติก	36
3.1	บทนำ	36
3.2	ความหนืด (Viscoelastic Fluid)	36
3.3	พฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอม	38
3.3.1	พอลิเมอร์หลอมเป็นของไหลซูโดพลาสติก	38
3.3.2	พอลิเมอร์หลอมเป็นของไหลวิสโคอีลาสติก (Viscoelastic Fluid)	40
3.4	การวัดสมบัติการไหลที่มีความสำคัญต่อการแปรรูปพลาสติก	41
3.4.1	การวัดค่าดัชนีการไหล (Melt flow index, MFI)	41
3.4.2	การวัดรีโอโลยีโดยใช้เครื่องรีโอมิเตอร์แบบคาปิลลารีและแบบสลิต	43
3.4.2.1	หลักการแก้ไขของแบกเลย์ (Bagley Correction)	45
3.4.2.2	หลักการแก้ไขของราบิโนวิทช์ (Rabinowitsch Correction)	47
บทที่ 4	สมบัติและการประยุกต์ใช้งานพลาสติก	51
4.1	บทนำ	51
4.2	พลาสติกที่ใช้งานในปริมาณสูง (Commodity Thermoplastics)	51
4.2.1	พอลิโอเลฟินด์ (Polyolefins)	52
4.2.1.1	พอลิเอทิลีน (Polyethylene)	52
4.2.1.2	พอลิโพรไพลีน (Polypropylene, PP)	58
4.2.2	พอลิไวนิลคลอไรด์ (Poly(vinyl chloride), PVC)	59
4.2.3	พอลิเมอร์ในกลุ่มสไตรีน (Styrenics)	61
4.2.4	พอลิเมทิลเมทาคริเลท (Poly(methyl methacrylate), PMMA)	65
4.2.5	พอลิไวนิลอะซิเตท (Poly(vinyl acetate), PVAC)	66
4.3	พลาสติกวิศวกรรม (Engineering Thermoplastics)	66
4.3.1	พอลิเอไมด์ (Polyamide, PA) หรือ ไนลอน (Nylon)	67
4.3.2	พอลิอะซิเตท (Polyacetal)	71
4.3.3	เทอร์โมพลาสติกพอลิเอสเทอร์ (Thermoplastic Polyester, TP)	72
4.3.4	พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate, PC)	74
4.3.5	ฟลูออโรพอลิเมอร์ (Fluoropolymer)	76

4.4	พลาสติกสมรรถนะสูง (High Performance Thermoplastics)	79
4.4.1	พอลิฟีนิลีน (Polyphenylene)	80
4.4.2	พอลิเอทรีเทอร์คีโตน (Polyaryletherketone, PAEK)	82
4.4.3	พอลิซัลโฟน (Polysulfone, PSU)	83
4.4.4	พอลิอิมิด (Polyimide, PI)	84
บทที่ 5	สารเติมแต่งสำหรับพลาสติกและการคอมปาวด์พลาสติก	88
5.1	บทนำ	88
5.2	ชนิดของสารเติมแต่ง	88
5.2.1	สารเติมแต่งต่อต้านการเสื่อม (Anti-aging Additives)	89
5.2.1.1	แอนติออกซิแดนท์ (Antioxidants)	89
5.2.1.2	สารเสริมเสถียรภาพเนื่องจากการเสื่อม เนื่องจากแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet light stabiliser)	94
5.2.1.3	การเสถียร (Stabilization) โดยวิธีการอื่นๆ	95
5.2.2	สี (Colourant)	97
5.2.2.1	สีผง (Pigments)	97
5.2.2.2	สีย้อม (Dyes)	98
5.2.3	สารเพิ่มความขาวใสของสี (Optical Brightener หรือ Fluorescent Whitening Agents)	99
5.2.4	สารก่อนิวเคลียส (Nucleating Agent)	102
5.2.5	สารตัวเติม (Fillers)	104
5.2.5.1	สารตัวเติมที่เป็นโลหะ (Metallic fillers)	104
5.2.5.2	สารตัวเติมที่เป็นคาร์บอน (Carbon fillers)	105
5.2.5.3	สารตัวเติมที่เป็นแก้ว (Glass filler)	105
5.2.5.4	ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide, SiC)	105
5.2.5.5	สารตัวเติมจากสินแร่ (Mineral fillers)	106
5.2.5.6	สารตัวเติมอินทรีย์ (Organic fillers)	106
5.2.6	สารต่อต้านการติดไฟ (Flame Retardants)	107
5.2.7	สารปรับปรุงสมบัติผิวของพลาสติก (Surface Properties Modifiers)	109
5.2.7.1	สารลดไฟฟ้าสถิตย์ (Antistatic Agent)	109
5.2.7.2	สารป้องกันการเกิดฝ้า (Antifogging Agent)	110
5.2.7.3	สารป้องกันการติด (Antiblocking agents)	111

5.2.8 สารกันจุลินทรีย์ (Antimicrobials)	112
5.2.9 สารหล่อลื่น (Lubricants)	112
5.2.10 พลาสติกไซเซอร์ (Plasticizers)	113
5.3 การผสมและการคอมปาวด์พลาสติก	116
5.3.1 กระบวนการผสม (Mixing Processes)	117
5.3.1.1 การผสมแบบเย็น (Cold Mixing)	117
5.3.1.2 การผสมแบบร้อน (Hot Mixing)	119
5.3.2 การคอมปาวด์ (Compounding)	120
5.3.2.1 การคอมปาวด์แบบแบช (Batch Compounding)	120
5.3.2.2 การคอมปาวด์แบบต่อเนื่อง (Continuous Compounding)	123
5.4 การผลิตเม็ดพลาสติก (Pelletizing)	125
5.4.1 การผลิตเม็ดพลาสติกจากแผ่นคอมปาวด์	125
5.4.2 การผลิตเม็ดพลาสติกจากคอมปาวด์ที่เป็นเส้น	126
5.5 การบดพลาสติก	127
บทที่ 6 กระบวนการแปรรูปพลาสติก	130
6.1 บทนำ	130
6.2 กระบวนการเอ็กซ์ทรูด (Extrusion Process)	131
6.2.1 เครื่องเอ็กซ์ทรูด (Extruders)	132
6.2.1.1 เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder)	132
6.2.1.2 เครื่องเอ็กซ์ทรูดแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder)	138
6.2.2 อุปกรณ์หลังการเอ็กซ์ทรูด	140
6.2.3 กระบวนการเอ็กซ์ทรูด (Extrusion Processes)	140
6.3 กระบวนการฉีดเข้าเบ้า (Injection Molding Process)	142
6.3.1 เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Molding Machines)	142
6.3.1.1 ชุดหลอมและฉีดพลาสติก (Plasticating and Injection Unit)	143
6.3.1.2 ชุดปิดและเปิดเบ้า (Clamping Unit)	148
6.3.1.3 ระบบไฮดรอลิก ระบบควบคุม และ ระบบไฟฟ้า (Hydraulics, Controls and Electrical System)	148
6.3.2 เบ้า (Injection Mold)	149
6.3.3 กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding Process)	151
6.4 กระบวนการเป่าขึ้นรูป (Blow Molding Processes)	156
6.4.1 การเอ็กซ์ทรูดเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding)	157

6.4.2	การฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding)	159
6.4.3	การฉีดเป่าที่ทำการดึงขณะเป่า (Stretch Injection Blow Molding)	160
6.4.4	พลาสติกที่ใช้และผลิตภัณฑ์จากการเป่าขึ้นรูป	160
6.5	กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown Film Processes)	162
6.6	การขึ้นรูปแผ่นพลาสติกโดยเทคนิคเทอร์โมฟอร์ม (Sheet Thermoforming Processes)	166
6.7	เทคนิคการอัด (Compression Molding) และการอัดส่ง (Transfer Molding)	170
6.7.1	กระบวนการอัด (Compression Molding Process)	170
6.7.2	กระบวนการอัดส่ง (Transfer Molding Process)	172
6.8	การแปรรูปพลาสติกโดยเทคนิคเข้าหมุน (Rotational Molding Process)	174
6.9	การแปรรูปพลาสติกโดยเทคนิคการเคลือบ (Coating Process)	179
6.9.1	การเคลือบแผ่นกว้าง (Planar coating)	179
6.9.2	การเคลือบพอลิเมอร์บนตัวรองรับสามมิติ (Contour Coating)	181
บทที่ 7	พอลิเมอร์เบลนด์ (Polymer Blends) และพอลิเมอร์เชิงประกอบ (Polymer Composite)	190
7.1	บทนำ	190
7.2	พอลิเมอร์เบลนด์	190
7.2.1	การเข้ากันได้ของการเบลนด์	191
7.2.1.1	การผสมเข้ากันได้ในแง่เทอร์โมไดนามิกซ์ (Thermodynamic Miscibility)	191
7.2.1.2	การใช้โคพอลิเมอร์แบบกราฟต์และบล็อกเป็นตัวประสาน (compatibilizer)	194
7.2.1.3	การใช้พอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็นตัวประสาน	194
7.2.1.4	รีเอกทีฟเบลนด์ (Reactive Blending)	195
7.2.2	การเตรียมพอลิเมอร์เบลนด์และอัลลอยด์	195
7.2.2.1	การผสมในสถานะลาเท็กซ์ (Latex Mixing)	195
7.2.2.2	การผสมในสถานะสารละลาย (Solution Mixing)	196
7.2.2.3	การผสมในสถานะหลอม (Melt Mixing)	196
7.3	พอลิเมอร์เชิงประกอบ (Polymer Composite)	196
7.3.1	เมทริกซ์ (Matrix Materials)	197
7.3.2	วัสดุเสริมแรง (Reinforcements)	198

7.3.3	การเพิ่มแรงดึงดูระหว่างเมทริกซ์กับวัสดุเสริมแรง	199
7.3.4	พลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใย (Fiber-Reinforced Plastic, FRP)	199
7.3.5	กระบวนการแปรรูปพอลิเมอร์เชิงประกอบ	202
7.3.5.1	พูลทรูชัน (Pultrusion)	202
7.3.5.2	การพันเส้นใย (Filament Widing)	204
7.3.5.3	การอัดสังเรซิน (Resin Transfer Molding, RTM)	205
7.3.5.4	การจัดเรียงเส้นใยด้วยมือ (Hand Lay-Up)	207

1.1 วัตถุประสงค์ของบท

พอลิเมอร์เป็น

สารสังเคราะห์จาก

ชื่อ Charles Goodyear ค้นพบวิธีการรวมตัวในยางธรรมชาติ ได้เป็นยางที่มีการเชื่อมขวาง (cross-linking) ซึ่งก่อให้เกิดความทนทาน สมบัติเชิงกลดี จนสามารถพัฒนาเป็นยางรถยนต์ได้ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1847 Christian F. Schoubein ค้นพบวิธีการเตรียมเซลลูโลสในสารที่ (cellulose nitrate) โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีระหว่างเซลลูโลสกับกรดไนตริก นับเป็นการเตรียมพลาสติกชนิดแรกของโลกโดยวิธีขึ้นรูปเป่า โดยการอัดเป่าลงในอุปกรณ์ของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ คือ เซลลูโลส ได้เป็นพลาสติกประเภท โพลีเอสเตอร์ หรือเซลลูโลส (celluloid)

ถึงยางธรรมชาติมีความทนทานในขณะเซลลูโลส เป็นของแข็งที่คิดเป่าลงในอุปกรณ์ขึ้นรูปจากธรรมชาติ หรือคิดสังเคราะห์ขึ้นที่แตกต่างกับชนิดอื่น ๆ คือ นิกเคโรล (Bakelite) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาการควบแน่นของยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์ ค้นพบโดย ฮีโร เฮนดริก บาคแลนด์ (Lee Hendrick Bakeland) ในปี ค.ศ. 1907 นับเป็นพลาสติกเทอร์โมเซตที่พบได้มากที่สุดและใช้งาน กว้างขวางนับได้มีการพัฒนาพลาสติกชนิดใหม่ๆ อีกหลายชนิด จึงได้ผลิตพลาสติกที่ได้คิดภายในโรงงานนี้ แสดงรายละเอียดดังนี้ในตารางที่ 1.1 ซึ่งเรียงลำดับเหตุการณ์ การค้นพบ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1840 ถึง 1901

ตารางที่ 1.1 แสดงการพัฒนาของพลาสติกชนิดสังเคราะห์

ปี ค.ศ.	ชนิดพลาสติก	ผู้ค้นพบ
1846	น้ำยางธรรมชาติของเซลลูโลส	Schoubein
1869	เซลลูโลส (เซลลูโลส ไนเตรต)	Hyatt
1884	น้ำยางธรรมชาติของเซลลูโลส	Charlmanes
1889	น้ำยางธรรมชาติของเซลลูโลส	Reichenbach
1892	เส้นใยถัก	Cross, Bevan, Beadle
1907	พีนอล ฟอร์มัลดีไฮด์ (Bakelite)	Bakeland
1907	น้ำยางธรรมชาติของเซลลูโลสสังเคราะห์ (Dope)	Doerfinger

ชื่อ

17 มี.ค. 47



เทคโนโลยีเบื้องต้นทางพลาสติก

INTRODUCTION TO PLASTICS TECHNOLOGY

๕๕๘.๔

เลขหมู่	๗ 57
	2546
เลขทะเบียน	11937
	12 ก.ค. 2547
วันที่	1 / 1

0032-23166

โดย

ผศ.ดร. เจริญ นาคะสรรรค์

ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

2545