

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำและความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 การพัฒนาการของพลาสติกที่ผลิตในเชิงพาณิชย์.....	2
1.3 ชนิดของพอลิเมอร์.....	4
1.3.1 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามแหล่งกำเนิด.....	4
1.3.2 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามกระบวนการแปรรูป.....	5
1.3.3 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามวิธีการพอลิเมอร์ไรซ์.....	5
1.3.3.1 แบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามชนิดของผลิตภัณฑ์.....	5
1.3.3.2 แบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามกลไกหรือจลนศาสตร์ของการพอลิเมอร์.....	6
1.3.4 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามระดับของการมีผลึก.....	8
1.3.5 การแบ่งชนิดพอลิเมอร์ตามการประยุกต์ใช้งาน.....	8
1.4 ชื่อย่อของพลาสติก.....	9
บรรณานุกรม	13
บทที่ 2 รีโอโลยีเบื้องต้นสำหรับการแปรรูปพลาสติก	14
2.1 บทนำ.....	14
2.2 ความหนืดและสมบัติการไหล.....	15
2.3 การแบ่งชนิดของของไหล.....	17
2.3.1 ของไหลอุดมคติหรือของไหลนิวทอนเนียน (Ideal or Newtonian Fluids).....	18
2.3.2 ของไหลอนนิวทอนเนียน (Non-Newtonian Fluids).....	21
2.3.2.1 กลุ่มของไหลที่สมบัติการไหลไม่ขึ้นกับเวลา (Time-Independent Fluids).....	21
2.3.2.2 กลุ่มของไหลที่สมบัติการไหลขึ้นกับเวลา (Time-Dependent Fluids).....	26
2.4 พฤติกรรมการไหลของพอลิเมอร์หลอม.....	31
2.4.1 พอลิเมอร์หลอมเป็นของไหลซูโดพลาสติก.....	32

2.4.2	ความสำคัญของวิสโคอีลาสติก (Viscoelasticity)	
	ในกระบวนการแปรรูปพอลิเมอร์.....	33
2.5	การวัดค่าสมบัติการไหลที่มีความสำคัญต่อการแปรรูปพลาสติก	35
2.5.1	การวัดค่าดัชนีการไหล (MFI).....	35
2.5.2	การวัดสมบัติการไหลโดยใช้เครื่องมือรีโอมิเตอร์แบบคาร์ปิลลารี	
	และแบบสลิต.....	27
2.5.2.1	หลักการแก้ไขของแบกเลย์ (Bagley correction).....	40
2.5.2.2	หลักการแก้ไขของราบิโนวิทช์ (Rabinowitsch Correction).....	43
2.5.2.3	การคำนวณการไหลแบบยืด (Extensional Flow)	
	โดยใช้แบบจำลองของค็อกส์เวลล์.....	44
2.6	ตัวอย่างสมบัติการไหลของพอลิเมอร์บางชนิด.....	46
	บรรณานุกรม.....	50
	บทที่ 3 การคอมปาวด์และการผสมเพื่อเตรียมพลาสติกใช้ในกระบวนการแปรรูป	52
3.1	บทนำ.....	52
3.2	การผสม (Mixing) และการคอมปาวด์ (Compounding).....	53
3.2.1	การผสม (Mixing).....	55
3.2.1.1	การผสมแบบเย็น (Cold Mixing).....	55
3.2.1.2	การผสมแบบร้อน (Hot Mixing).....	60
3.2.2	การคอมปาวด์ (Compounding).....	60
3.2.2.1	การคอมปาวด์แบบแบท (Batch Compounding).....	61
3.2.2.2	การคอมปาวด์แบบต่อเนื่อง (Continuous Compounding).....	64
3.3	การผลิตเม็ดพลาสติก (Pelletizing).....	66
3.3.1	การผลิตเม็ดพลาสติกจากแผ่นคอมปาวด์.....	66
3.3.2	การผลิตเม็ดพลาสติกจากคอมปาวด์ที่เป็นเส้น.....	67
3.4	เครื่องบดพลาสติก.....	69
	บรรณานุกรม.....	70
	บทที่ 4 การเอกซ์ทรูด (Extrusion Processes).....	71
4.1	บทนำ.....	71

4.2 เครื่องเอกซ์ทรูด.....	73
4.2.1 เครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูเดี่ยว (Single Screw Extruder).....	75
4.2.1.1 สกรู (Extruder Screws).....	76
4.2.1.2 กระบอกรับ (Cylinder หรือ Barrel).....	80
4.2.1.3 แผ่นเบรกเกอร์ ตะแกรงกรอง และอะแดปเตอร์.....	81
4.2.1.4 ชุดรองรับแรงเนื่องจากความดันของพลาสติกหลอม.....	82
4.2.1.5 ระบบเกียร์ทดและมอเตอร์ขับ.....	83
4.2.1.6 กรวยเติมพลาสติก (Feed Hopper).....	84
4.2.1.7 ดายของเครื่องเอกซ์ทรูด (Extrusion Dies).....	84
4.2.1.8 ชุดให้ความร้อนและหล่อเย็น.....	87
4.2.2 เครื่องเอกซ์ทรูดแบบสกรูคู่ (Twin Screw Extruder).....	88
4.3 อุปกรณ์ประกอบหลังการเอกซ์ทรูด.....	92
4.3.1 อุปกรณ์ปรับขนาด (Calibrator หรือ Sizing Systems).....	92
4.3.1.1 อุปกรณ์ปรับขนาดแบบใช้แรงเสียดทาน.....	93
4.3.1.2 อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกใช้ลมเป่า.....	94
4.3.1.3 อุปกรณ์ปรับขนาดภายนอกใช้สูญญากาศ.....	95
4.3.1.4 อุปกรณ์ปรับขนาดภายใน.....	95
4.3.2 อ่างหล่อเย็น.....	96
4.3.3 อุปกรณ์ตั้งชิ้นงาน.....	97
4.3.4 อุปกรณ์ตัดและเครื่องม้วนชิ้นงานพลาสติก.....	98
4.4 กระบวนการเอกซ์ทรูด.....	99
4.4.1 กระบวนการเอกซ์ทรูดท่อและโพรไฟล์.....	98
4.4.2 กระบวนการผลิตเส้นใยพลาสติกโดยการเอกซ์ทรูด.....	101
บรรณานุกรม.....	104
บทที่ 5 การฉีดพลาสติกเข้าเบ้า (Injection Molding).....	106
5.1 บทนำ.....	106
5.2 เครื่องฉีดพลาสติก.....	107
5.2.1 ส่วนประกอบของเครื่องฉีดพลาสติก.....	110
5.2.1.1 ชุดหลอมและฉีดพลาสติก (Plasticating and Injection Unit).....	111

	หน้า
5.2.1.2 ชุดปิดและเปิดเบ้า (Clamping Unit).....	120
5.2.1.3 ระบบไฮดรอลิก ระบบควบคุม และ ระบบไฟฟ้า.....	123
5.3 เบ้า (Injection Mold).....	124
5.3.1 ระบบประตูและท่อฉีด (Gating and Manifold System).....	125
5.3.1.1 ประตูแบบแท่ง (Bar Gate).....	126
5.3.1.2 ประตูแบบเข็ม (Pin Gate).....	127
5.3.1.3 ประตูแบบกรวย (Cone Gate).....	128
5.3.1.4 ประตูแบบฟิล์ม (Film Gate).....	128
5.3.2 ช่องว่างของเบ้า (Cavities).....	130
5.3.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิของเบ้า (Temperature Control System).....	132
5.3.4 ระบบกระทุ้งชิ้นงาน (Ejection System).....	133
5.4 กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection Molding Process).....	135
5.5 พลาสติกที่ใช้ในการฉีด.....	142
5.6 ผลิตภัณฑ์จากการฉีดพลาสติก.....	144
บรรณานุกรม	147
บทที่ 6 กระบวนการเป่าขึ้นรูป (Blow Molding Processes)	149
6.1 บทนำ.....	149
6.2 กระบวนการเป่าขึ้นรูป.....	150
6.2.1 การเอ็กซ์ทรูดเป่าขึ้นรูป (Extrusion Blow Molding).....	150
6.2.1.1 การมีแหล่งเก็บสะสมพอลิเมอร์หลอม (Accumulation Head).....	152
6.2.1.2 การเป่าหมุนหลายชุด (Rotary Continuous Extrusion Blow Molding).....	153
6.2.2 การฉีดเป่าขึ้นรูป (Injection Blow Molding).....	154
6.2.3 การฉีดเป่าที่ทำกรดิงขณะเป่า (Stretch Injection Blow Molding).....	156
6.2.4 การเป่าขึ้นรูปโดยวิธีการทางอ้อม (Indirect Blow Molding).....	158
6.3 วัสดุที่ใช้และผลิตภัณฑ์จากการเป่าขึ้นรูป.....	160
บรรณานุกรม	163
บทที่ 7 กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown Film Processes)	164
7.1 บทนำ.....	164

	หน้า
7.2 กระบวนการเป่าฟิล์ม.....	165
7.2.1 เครื่องเอกซ์ทรูด.....	168
7.2.2 หัวดาย (Die Head).....	169
7.2.2.1 ดายป้อนด้านข้าง (Slide-fed Die).....	169
7.2.2.2 ดายขาแมงมุม (Spider Leg-type Die).....	170
7.2.2.3 ดายแบบไหลเวียน (Spiral mandrel Die).....	172
7.2.3 หน่วยหล่อเย็นและรองรับลูกโป่ง (Cooling and Calibration Unit).....	174
7.2.4 ส่วนดึงและส่วนม้วนฟิล์ม (Haul-off Unit and Winder).....	176
7.3 วัสดุที่ใช้ในการเป่าฟิล์ม.....	176
7.4 ผลกระทบของการเป่าฟิล์ม.....	177
บรรณานุกรม.....	180
บทที่ 8 การขึ้นรูปแผ่นพลาสติกโดยเทคนิคเทอร์โมฟอร์ม	
(Sheet Thermoforming Processes).....	181
8.1 บทนำ.....	181
8.2 การเอกซ์ทรูดแผ่นและฟิล์มพลาสติก (Sheet and Film Extrusion).....	182
8.3 เทคนิคเทอร์โมฟอร์ม (Thermoforming Techniques).....	187
8.3.1 เทคนิคการขึ้นรูปโดยใช้แรงดันสุญญากาศโดยตรง (Straight Vacuum Forming).....	188
8.3.2 เทคนิคการขึ้นรูปโดยใช้แรงดันสุญญากาศแล้วอัดสวนด้วยแรงลม (Vacuum Snap-Back Forming).....	190
8.3.3 เทคนิคการขึ้นรูปโดยใช้เบ้าดันแผ่นพลาสติกก่อนแล้วใช้แรงดันสุญญากาศ (Vacuum Drape Forming).....	192
8.3.4 เทคนิคการขึ้นรูปโดยใช้หัวอัดช่วยก่อนใช้แรงดันสุญญากาศ (Plug-Assist Vacuum Forming).....	193
8.3.5 เทคนิคการขึ้นรูปโดยสร้างถุงอากาศก่อนใช้แรงดันสุญญากาศ (Vacuum Air-Slip Forming).....	195
8.3.6 การแปรรูปโดยการสร้างถุงอากาศและหัวอัดร่วมกัน (Air-Cushioning Vacuum Forming).....	197

	หน้า
8.4 ชนิดพลาสติกที่ใช้ในการทำเทอร์โมฟอร์ม.....	199
8.5 ผลึกภัณฑ์จากการแปรรูปด้วยเทอร์โมฟอร์ม.....	201
8.5.1 ภาชนะชนิดบาง (Thin-Wall Containers).....	201
8.5.2 ชิ้นงานขนาดใหญ่.....	202
8.5.3 กลุ่มที่ใช้ในการห่อสินค้าเพื่อจุดประสงค์ในการใช้สินค้า (Skin Packaging).....	204
บรรณานุกรม	206
บทที่ 9 การอัดและการอัดส่ง (Compression and Transfer Molding)	207
9.1 บทนำ.....	207
9.2 การคอมปาวด์เทอร์โมเซ็ท.....	208
9.3 การอัด (Compression Molding).....	210
9.3.1 ระบบการขับเคลื่อนเข้า.....	211
9.3.2 ระบบการให้ความร้อน.....	212
9.3.3 ความดันในการอัด.....	213
9.3.4 เบ้า.....	214
9.3.5 เทคนิคการอัด.....	216
9.3.6 ข้อดีและข้อเสียของการแปรรูปพลาสติกโดยการอัด.....	221
9.3.7 ผลึกภัณฑ์ของการอัด.....	223
9.4 การอัดส่ง (Transfer Molding).....	223
9.4.1 กระบวนการอัดส่ง.....	225
9.4.1.1 การอัดส่งโดยลูกสูบ (Plunger Transfer Molding).....	225
9.4.1.2 การอัดส่งแบบไม่ต้องใช้ลูกสูบ (Pot Transfer Molding).....	226
9.4.2 ข้อดีและข้อเสียของเทคนิคการอัดส่ง.....	228
บรรณานุกรม	230
บทที่ 10 การแปรรูปพลาสติกโดยเทคนิคเข้าหมุน (Rotational Molding)	231
10.1 บทนำ.....	231
10.2 กระบวนการแปรรูปแบบเข้าหมุน.....	232
10.3 เครื่องแปรรูปแบบเข้าหมุน (Rotational Molding Machines).....	236

	หน้า
10.3.1 เครื่องแปรรูปแบบเข้าหมุนชนิดเกวียนสี่ล้อเลื่อน (Shuttle Cast Rotational Molding).....	236
10.3.2 เครื่องแปรรูปแบบเข้าหมุนชนิดแขนหมุนเหวี่ยง (Swing/Rotary Arm Rotational Molding).....	238
10.3.3 ระบบความร้อนและหล่อเย็น.....	239
10.3.4 เม่ (Mold)	240
10.3.5 การควบคุมกระบวนการผลิต.....	242
10.4 พลาสติกที่ใช้ในการแปรรูปโดยเข้าหมุน.....	242
10.5 ผลกระทบของการแปรรูปแบบเข้าหมุน.....	243
10.6 ข้อดีข้อเสียของเทคนิคเข้าหมุน.....	246
บรรณานุกรม.....	247
บทที่ 11 เทคนิคการเคลือบพอลิเมอร์ (Coating Processes).....	248
11.1 บทนำ.....	248
11.2 เทคนิคการเคลือบแผ่นกว้าง (Planar Coating)	249
11.2.1 เทคนิคการเคลือบโดยใช้ลูกกลิ้ง.....	250
11.2.1.1 การเคลือบแบบใช้ลูกกลิ้งเดียว (Single-Roll Coating).....	251
11.2.1.2 การเคลือบพอลิเมอร์บนแผ่นรองรับโดยใช้ลูกกลิ้งคู่ (Two-Roll Coating).....	252
11.2.2 เทคนิคการเคลือบแผ่นกว้างแบบส่งผ่าน (Planar Transfer Coating).....	257
11.2.3 การเคลือบและการลามิเนตโดยการเอ็กซ์ทรูด (Extrusion Coating and Laminating).....	258
11.3 การเคลือบบนตัวรองรับสามมิติ (Contour Coating).....	264
11.3.1 การเคลือบที่มีวัสดุเคลือบเป็นสารละลายพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์หลอม.....	264
11.3.2 การเคลือบพอลิเมอร์ผง (Powder Coating).....	265
11.3.2.1 การเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Coating)	265
11.3.2.2 การเคลือบแบบฟลูอิไดซ์เบดที่ใช้ไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Fluidized Bed Coating).....	270
11.3.2.3 การเคลือบแบบปืนสเปรย์ไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic Spray Gun Coating).....	271

	หน้า
11.4 การเคลือบลวดและสายเคเบิลด้วยพลาสติก (Wire and Cable Coating).....	272
บรรณานุกรม	278
บทที่ 12 กระบวนการหล่อพลาสติก (Casting Processes)	279
12.1 บทนำ.....	279
12.2 การหล่อแผ่นอะคริลิก.....	280
12.2.1 กระบวนการหล่อแผ่นอะคริลิกแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Process).....	281
12.2.2 การหล่อแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Casting Process)	283
12.2.3 การหล่ออะคริลิกที่เป็นแท่งและโพรไฟล์.....	284
12.3 การหล่อไนลอน.....	285
12.4 การหล่อฟิล์มบาง (Thin Film Casting)	287
12.4.1 โดยการเอกซ์ทรูดพอลิเมอร์หลอมลงบนลูกกลิ้งเย็น.....	287
12.4.2 การผลิตฟิล์มบางโดยใช้การหล่อสารละลายพอลิเมอร์ หรือพอลิเมอร์หลอมที่ละลายในตัวทำละลาย (Solution Casting or Melt Solvent Casting).....	288
12.5 การหล่อโดยใช้แม่ที่โค้งงอได้ (Casting of Flexible Molds).....	290
12.6 การหล่อพลาสติกชนิดอื่นๆ.....	291
บรรณานุกรม	293
ดัชนี	294

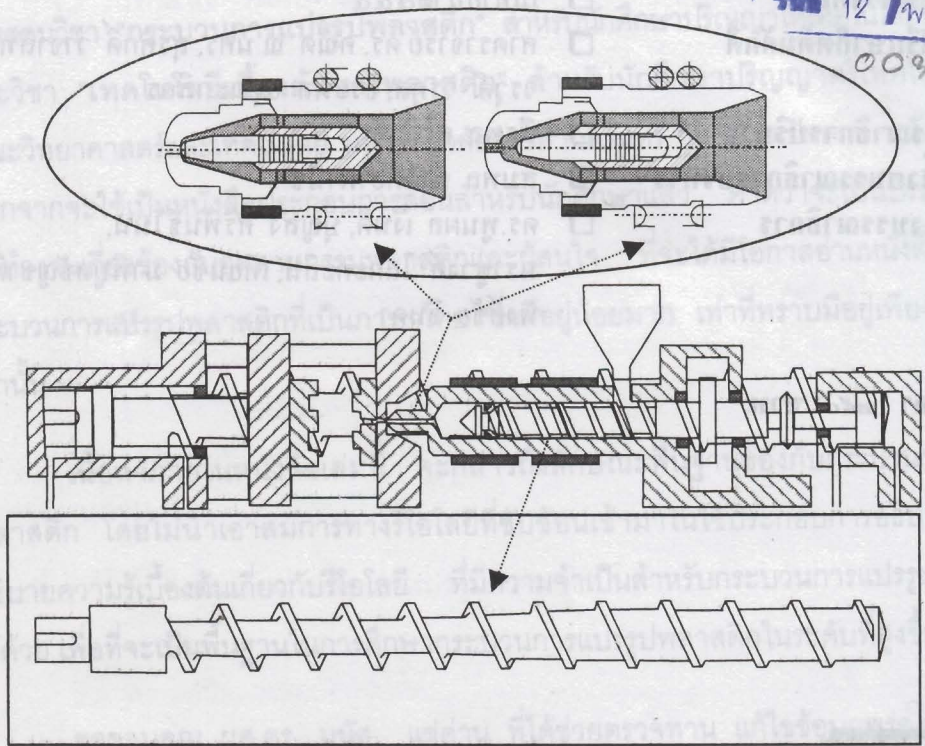


กระบวนการแปรรูปพลาสติก

PLASTIC PROCESSING

668.41
เลขที่ ๑.๕๗
๒๕๔๔
เลขทะเบียน 10900
วันที่ 12 พ.ค. 45

๐๐๙๐-๐๒๖๖๐



ผศ.ดร.เจริญ นาคะสรณ์

ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี