

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ความเป็นมาและการใช้ฟิล์มพลาสติกในงานบรรจุภัณฑ์

ในอดีตอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ มักนิยมใช้กระดาษเป็นวัสดุหลัก แต่เมื่อมีกระแสของการอนุรักษ์ธรรมชาติมากขึ้น เป็นเหตุให้กระดาษ ไม้ และวัสดุธรรมชาติอื่นๆ ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมนี้เริ่มหายากขึ้น จึงได้มีความพยายามหาวัสดุชนิดอื่นที่มีสมบัติใกล้เคียงหรือดีกว่ามาใช้ทดแทนวัสดุจากธรรมชาติ วัสดุพลาสติกเป็นวัสดุเพียงไม่กี่ชนิดที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ ทั้งนี้เนื่องจากได้มีวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วมากมีการใช้เทคโนโลยีผลิตเม็ดพลาสติกชนิดใหม่ ๆ ออกมาสู่ท้องตลาดตลอดเวลาอีกทั้งมีการพัฒนาความสะดวกในการผลิต ทั้งในแง่เครื่องจักร รวมไปถึงสารผสมและสารเติมแต่งชนิดใหม่ ๆ อย่างสม่ำเสมอ จนกระทั่งบรรจุภัณฑ์จากพลาสติกเป็นส่วนหนึ่งของสินค้าที่มีอายุแยกออกจากกันได้ และเป็นปัจจัยหลักข้อหนึ่งในการส่งเสริมสินค้านั้น ๆ ให้เป็นที่นิยมของผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์พลาสติกมีจุดเด่นเหนือวัสดุธรรมชาติหลาย ๆ ชนิด คือ ราคาต้นทุนโดยรวมต่ำ และมีหลากหลายชนิดให้เลือกใช้งานเพื่อความเหมาะสมกับสินค้า ตลอดทั้งเทคโนโลยีในการผลิตบรรจุภัณฑ์และตบแต่ง มีการพัฒนาให้ก้าวหน้ารวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคได้ดี ฟิล์มพลาสติกและแผ่นพลาสติกเป็นวัสดุอีกตัวหนึ่งที่ปัจจุบันเข้ามามีบทบาทอย่างมากในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์และสามารถเข้าแทรกแซงตลาดบางส่วนของบรรจุภัณฑ์พลาสติกรูปแบบอื่นได้ ดังตารางที่ 2.1 ความนิยมใช้งานฟิล์มพลาสติกในงานบรรจุภัณฑ์นั้น มีเหตุผลหลักมาจากฟิล์มพลาสติกมีสมบัติเฉพาะที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของกลิ่นและแก๊สต่างๆ ได้ เมื่อใช้ในงานบรรจุภัณฑ์อาหาร น้ำหอม หรือสินค้าที่ต้องการเก็บรักษากลิ่น จะเป็นการยืดอายุของสินค้า ทั้งนี้ผู้ผลิตจำเป็นจะต้องเลือกชนิดของพลาสติกที่จะนำมาใช้กับสินค้าให้ถูกต้อง ฟิล์มพลาสติกสามารถผลิตได้จากเม็ดพลาสติกหลายชนิด ผู้ผลิตจึงมีโอกาสเลือกชนิดของฟิล์มตลอดจนราคาให้เหมาะสมกับความต้องการ เป็นการป้องกันปัญหาบรรจุภัณฑ์ที่ตีเกินความจำเป็น (overpackaging) ฟิล์มพลาสติกนำมาประยุกต์

ใช้ผลิตกับเครื่องจักรบรรจุอัตโนมัติได้เป็นอย่างดีทำให้สามารถผลิตในระบบอัตโนมัติได้ด้วยความเร็วสูง ซึ่งถือว่าเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างหนึ่งในการแข่งขันกับตลาด ความสวยงามภายนอกฟิล์มพลาสติกสามารถที่จะพิมพ์ลวดลายให้มีสีสันได้ง่าย มีความมันวาว เมื่อต้องการให้เห็นสินค้าภายในก็สามารถเลือกฟิล์มชนิดที่มีความใสสูง ลักษณะเหล่านี้เป็นปัจจัยบ่งบอกถึงภาพลักษณ์ของสินค้าและความน่าเชื่อถือของผู้ผลิต ปัจจุบันต้นทุนการผลิตโดยภาพรวมของบรรจุภัณฑ์พลาสติกยังอยู่ในเกณฑ์ไม่สูงมาก แต่มีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับต้นทุนของวัตถุดิบ คือเม็ดพลาสติกที่เพิ่มขึ้น และระบบภาษีของรัฐบาลในการแข่งขันเชิงธุรกิจ จึงมุ่งเน้นที่จะหาแนวทางในการลดต้นทุน โดยการเร่งพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตฟิล์ม เช่นการผลิตฟิล์มให้บางลง แต่ยังคงสมบัติการใช้งานเหมือนเดิม ตัวอย่างเช่น การผลิตฟิล์มยืด LLDPE ที่สามารถผลิตให้บางและยืดได้มากขณะใช้งาน

ตารางที่ 2.1 การใช้บรรจุภัณฑ์ฟิล์มทดแทนบรรจุภัณฑ์หลักของสินค้าบางประเภท

ประเภทสินค้า	บรรจุภัณฑ์หลัก	บรรจุภัณฑ์พลาสติก (ฟิล์ม)
ผงซักฟอก	กล่องกระดาษ	ซองขนาดเล็กชนิดใช้ครั้งเดียว
น้ำยาปรับผ้านุ่ม	ขวดพลาสติก	ซองขนาดเล็กชนิดใช้ครั้งเดียว
แชมพู/ครีมอาบน้ำ	ขวดพลาสติก	ซองขนาดเล็กชนิดใช้ครั้งเดียว
ยาสีฟัน	หลอดลามิเนต	ซองขนาดเล็กชนิดใช้ครั้งเดียว
ครีมบำรุงผิว	ขวดพลาสติก	ถุงรีฟิล (ชนิดเติม)
ขา/กาแฟสำเร็จรูป	ขวดแก้ว, กระจงโลหะ	ถาดพลาสติกบรรจุในถุงพลาสติก
ขนมกรอบ/คุกกี้	กระจงโลหะ	ถุงพลาสติกลามิเนตออลูมิเนียม
มันฝรั่งทอดกรอบ	กระจงโลหะ/พลาสติก	ถุงพลาสติกบรรจุแบบสุญญากาศ
อาหารแช่แข็ง	กล่องกระดาษเคลือบเทียน	ซองพลาสติกชนิดต่างๆ

การพัฒนาบรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทฟิล์มเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจและสังคม โดยมุ่งเน้นที่ความปลอดภัยของผู้บริโภค การรักษาคุณภาพสินค้า และปัญหาของขยะพลาสติก

ปัจจุบันมีปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทฟิล์มพลาสติก เช่น ผู้บริโภคมีการเปลี่ยนพฤติกรรมการดำรงชีวิตไปจากอดีต คือสภาพชีวิตที่ต้องทำงานด้วยความเร่งรีบเป็นเหตุให้ต้องการความสะดวกสบายและประหยัดเวลาในชีวิตประจำวัน ดังนั้นการเลือกซื้อสินค้าที่บรรจุด้วยฟิล์มทนความร้อนที่สามารถใช้แช่แข็งและเข้าเตาไมโครเวฟได้จึงได้รับความนิยม ความสนใจต่อสุขภาพและคุณค่าอาหารของผู้บริโภคเป็นเหตุให้บรรจุภัณฑ์ประเภทฟิล์มใส ที่มีสมบัติสกัดกั้นกลิ่นและแก๊ส ได้รับความนิยมและมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้น แนวโน้มของผู้บริโภคที่มีความนิยมซื้อสินค้าในห้างสรรพสินค้า เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการพยายามพัฒนาคุณลักษณะของบรรจุภัณฑ์เพื่อช่วยการขาย ทั้งทางด้านดึงดูดความสนใจของผู้ซื้อ สี สัน ฉลาก ผู้ผลิตสินค้าส่วนใหญ่ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ออกมาดี มีคุณค่าต้นทุนการผลิตต่ำ ตลอดจนกระแสอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยเหล่านี้เป็นเหตุให้ปริมาณการใช้งานฟิล์มพลาสติกเพื่อการบรรจุภัณฑ์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ชัชวาล สุรัสวดี , 2539)

2.2 สมบัติของฟิล์มพลาสติก

การเลือกใช้งานฟิล์มพลาสติกเพิ่มการบรรจุภัณฑ์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์ม เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีความเหมาะสมสูงสุด สมบัติการใช้งานของฟิล์มพลาสติก ที่ต้องพิจารณาดังนี้

2.2.1 สมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

เป็นสมบัติที่เกี่ยวกับความแข็งแรงของพลาสติก เช่น

ความทนแรงดึง (Tensile strength) หมายถึงความสามารถของฟิล์มพลาสติกที่จะทนแรงดึง ซึ่งกระทำที่ปลายข้างหนึ่งของแผ่นทดสอบที่มีความกว้างคงที่ จนแผ่นทดสอบนั้นขาด มีหน่วยเป็นนิวตันต่อตารางมิลลิเมตร เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์คือ เครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Tester) โดยใช้มาตรฐาน ISO 1184 ASTM D 882 BS 2782 301 E

ความทนแรงกระแทก (Impact resistance) หมายถึงความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่จะต้านทานน้ำหนักของตุ้มโลหะ ซึ่งเมื่อตกลงมากกระทบกับพลาสติกแล้วทำให้ฟิล์มหรือแผ่นนั้นขาด มีหน่วยเป็นกรัม ตัวอย่างเช่น เครื่องทดสอบแบบดาร์ด (Apparatus for Free Falling Dart Impact Test) เครื่องกระแทกแบบลูกตุ้ม (Pendulum Impact Tester) เป็นต้น มาตรฐานที่ใช้ได้แก่ ASTM D 1790 BS 2782 306 F

ความทนแรงฉีกขาด (Tear resistance) หมายถึง ความสามารถของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่จะทนแรงซึ่งทำให้ฉีกขาดออกจากรอยเดิม เครื่องมือวิเคราะห์ได้แก่ เครื่องวัดการต้านแรงฉีกขาดแบบเอลเมนคอรฟ (Elmendorf Tear Tester) โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 1922 ASTM D 689

ความทนแรงดันทะลุ (Bursting strength) หมายถึงความสามารถของฟิล์มพลาสติกที่จะทนแรงดันที่กระทำบนชิ้นทดสอบด้วยอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนทำให้ชิ้นทดสอบนั้นขาด เครื่องมือที่ใช้คือ มุลเลนเทสเตอร์ (Mullen Tester) มาตรฐานที่ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกับที่วิเคราะห์กระดาษคือ ASTM D 774 BS 1133

ความทนการขัด (Abrasion Resistance) เป็นสมบัติที่มีผลกระทบต่อความใสและความมันวาวของผิวหน้าฟิล์มพลาสติก ความทนการขัด หมายถึง ความสามารถของฟิล์มที่ทนต่อการเสียดสีระหว่างการขนส่ง เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องขัด (Abraser) ใช้มาตรฐาน ASTM D 1044

2.2.2 สมบัติทางกายภาพและเคมี (Physical and Chemical Properties)

ความหนาแน่น (Density) หมายถึงน้ำหนักของชิ้นทดสอบต่อ 1 หน่วยปริมาตร
ณ อุณหภูมิที่กำหนด หน่วยที่นิยมใช้คือ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้มาตรฐาน ASTM D 729
BS 2782

ความหนา (Thickness) หมายถึงระยะตั้งฉากระหว่างผิวหน้าทั้งสองของฟิล์ม
หรือแผ่นพลาสติกมีหน่วยเป็นไมโครเมตรหรือมิลลิเมตร เครื่องมือวัดใช้เครื่องมือเดือรี
โดยใช้มาตรฐาน ASTM D 645

การดูดซึมน้ำ (Water absorption) หมายถึงปริมาณน้ำที่ฟิล์มหรือแผ่น
พลาสติกดูดซึมไว้ในระยะเวลาที่กำหนด การวิเคราะห์ใช้มาตรฐาน ASTM D 570

อัตราการซึมผ่านไอน้ำ (Water Vapor Transmission Rate, WVTR)
หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่ซึมผ่านจากผิวหน้าหนึ่งไปยังอีกผิวหน้าหนึ่งของหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวของ
ฟิล์มในระยะเวลาที่กำหนดและภายใต้ภาวะคงที่ หน่วยเป็นกรัม/ตารางเมตร/24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ
และความชื้นสัมพัทธ์ในการวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์สามารถทำได้หลายวิธี แต่ที่นิยมคือแบบ
เชิงน้ำหนัก ซึ่งใช้มาตรฐาน ISO R 1195, ISO 2528, BS 1133, ASTM E 96 นอกจากนี้ยังมีวิธีที่
ทันสมัยคือ Transfer Time Method โดยใช้เครื่อง Lyssy Water Vapor Permeability Tester อีก
ด้วย

อัตราการซึมผ่านของแก๊ส (Gas Transmission Rate, GTR) หมายถึง
ปริมาณของก๊าซที่ซึมผ่านจากผิวหน้าหนึ่งไปยังอีกผิวหน้าหนึ่งของหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวของฟิล์มใน
ระยะเวลาที่กำหนด และภายใต้ผลต่างของความดันหนึ่งหน่วย มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร/
ตารางเมตร/วันบรรยากาศ ที่อุณหภูมิในการวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ทำได้หลายวิธี เช่น วิธี
แบบมาโนเมตริก ใช้มาตรฐาน ASTM D 1434 วิธีใช้แก๊สเป็นตัวพา วิธีใช้เรดิโอไอโซโทป รวมทั้ง

วิธีทันสมัยและนิยมอย่างแพร่หลายคือ Isostatic Method ซึ่งใช้เครื่อง Lyssy Gas Permeability Tester ด้วย

2.2.3 สมบัติทางแสง (Optical Properties)

ความเงา (Gloss) หมายถึงอัตราส่วนความเข้มของแสงที่สะท้อนออกจากผิวของฟิล์มหรือแผ่นพลาสติกที่ทำมุม 45 องศา เปรียบเทียบกับแสงที่สะท้อนจากวัสดุที่มีความเงามาตรฐาน การวิเคราะห์ใช้เครื่องวัดความเงา (Gloss Meter) มาตรฐานที่ใช้คือ ASTM D 346

ความขุ่น (Haze) เป็นสมบัติที่ตรงกันข้ามกับความเงา อาศัยเครื่องมือวัดความขุ่นมัว (Haze Meter) โดยวัดแสงที่กระจายออกมาจากลำแสงตกกระทบ มาตรฐานที่ใช้คือ ASTM D 1003

ความใส (Clarity) หมายถึงความชัดเจนในการมองเห็นวัสดุผ่านฟิล์ม การวิเคราะห์สมบัติใช้เครื่องวัดความใส (Clarity Meter) ซึ่งอ่านออกมาเป็นค่าของความเข้มของแสงที่ผ่านแผ่นทดสอบ (มยรี ภาคลำเจียก และ อมรรรัตน์ สวัสดิ์พิศ, 2533 : 121-137)

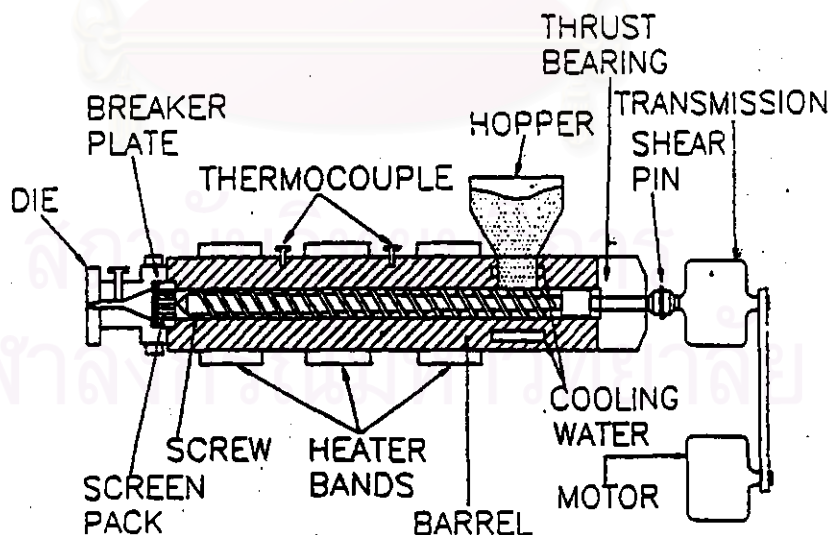
2.3 การผลิตฟิล์ม

การผลิตฟิล์มพลาสติกมีหลายกระบวนการ และฟิล์มที่ได้จากแต่ละกระบวนการจะมีสมบัติและรูปแบบแตกต่างกันไปตามแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่นฟิล์มที่ได้จากกระบวนการเป่าฟิล์มที่ได้จากกระบวนการหล่อ เป็นต้น โดยแต่ละกระบวนการผลิตจะมีเครื่องจักรหลักในการหลอม คือเครื่องอัดรีดพลาสติก เพื่อทำหน้าที่หลอมและขับพลาสติกเหลวออกมาอย่างต่อเนื่องเพื่อไปลงตอที่ยูปรกรณ์ขึ้นรูปฟิล์ม

เครื่องอัดรีดพลาสติก

กระบวนการอัดรีดเป็นกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง โดยจะเปลี่ยนวัสดุพลาสติกให้เป็นผลิตภัณฑ์พลาสติก กระบวนการนี้จะขึ้นรูปพลาสติกให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ โดยใช้เครื่องอัดรีดทำการหลอมเทอร์โมพลาสติกและใช้แรงดัน ดันพลาสติกที่หลอมเหลวไปที่ตาย กระบวนการอัดรีด ที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก ดัดแปลงมาจากอุตสาหกรรมโลหะเมื่อร้อยปีก่อน โลหะจะถูกทำให้หลอมเหลวและใช้แรงดันออกมาทางตาย ในการทำท่อประปา

นอกจากจะทำหน้าที่ในการหลอมพลาสติก เพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว เครื่องอัดรีดที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกยังทำหน้าที่ผสมวัสดุพลาสติกและสารเติมแต่งให้ผสมเข้าด้วยกัน โดยจะทำการผสมวัสดุและองค์ประกอบไปตลอดในเครื่องอัดรีด และอัดรีดผ่านส่วนของตาย ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.125 นิ้ว เมื่อพลาสติกเหลวผ่านตาย จะเป็นเส้นนำผ่านเข้าเครื่องตัดเม็ดใหม่ จะได้เม็ดพลาสติกผสม



ภาพที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของเครื่องอัดรีด (Muccio, 1993 :48)

ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอัดรีด ที่นำมาใช้ตามงานในปัจจุบันอย่างแพร่หลาย เช่น

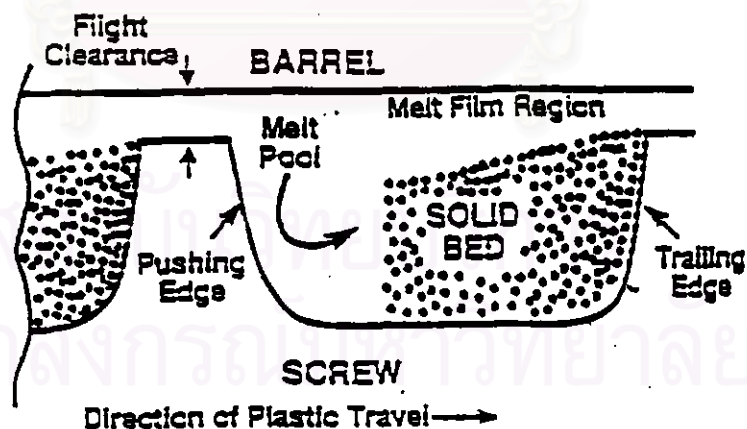
- ถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน
- พลาสติกหัดตัวที่ใช้ห่ออาหาร
- फिल्मในม้วนวีดิทัศน์
- ฟิล์มที่ใส่หมึกในเครื่องพิมพ์
- แผ่นซีทเป็นส่วนประกอบสำคัญในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อน
- แผ่นพลาสติกปูพื้น
- รางพลาสติก และรางระบายน้ำฝนพลาสติก
- ปะเก็นยางสำหรับประตู และหน้าต่าง
- ชิ้นส่วนที่อัดรีด ออกมาเป็นส่วนประกอบในงานหลายประเภท
- ฉนวนหุ้มสายไฟ และสายเคเบิล

เครื่องอัดรีดมีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กที่ใช้จำนวนพลาสติกในการผลิตเพียง 2 - 3 ตันต่อชั่วโมง จนถึง เครื่องอัดรีดที่ใช้สกรูขนาดใหญ่ ต้องใช้จำนวนพลาสติกในการผลิตกว่าหลายร้อยตันต่อชั่วโมง กระบวนการอัดรีดเป็นกระบวนการผลิตที่ต่อเนื่อง จำเป็นอย่างยิ่งที่ผลิตภัณฑ์จะต้องมีลักษณะต่อเนื่องกันในรูปแบบ 2 มิติ ลักษณะงานเช่นนี้ต้องทำการตัดชิ้นงานเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ปัจจุบันหลักของราคาผลิตภัณฑ์ที่ผลิตโดยกระบวนการนี้ ขึ้นอยู่กับค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการผลิต พลาสติกที่ถูกอัดรีดขึ้นรูปจะต้องมีขนาดที่ไม่เปลี่ยนแปลง และเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมด ตัวอย่าง ท่อ พีวีซี ถูก อัดรีด และตัดขนาดยาว 20 ฟุต ข้อกำหนดอันดับแรกคือ ต้องไม่มีจุดบกพร่อง เช่น รูกัดขึ้นที่ผนังท่อ และท่อต้องมีความหนา และเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเท่ากันทั้งหมด

เครื่องอัดรีดอาจจะถูกประยุกต์รวมเข้ากับกระบวนการผลิตอื่น ๆ เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของการผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น รวมกับเครื่องขึ้นรูปด้วยความร้อน จะได้อุตสาหกรรมการผลิตที่มีระบบการผลิตอย่างครบวงจร เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต

การทำงานของเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว

เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว จะประกอบไปด้วยสกรู ซึ่งหมุนอยู่ในกระบอบอก (barrel) สกรูจะขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า และควบคุมความเร็วของการหมุนด้วยระบบเกียร์ทดกำลัง การหมุนของสกรูจะเป็นการเคลื่อนวัสดุติดจากกรวยป้อนวัสดุ (hopper feed) บริเวณส่วนท้ายเครื่อง ไปยังส่วนหน้าของเครื่องและขับผ่านหัวตาย (die) ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ กระบอบอกที่หุ้มสกรูอยู่จะได้รับความร้อนจากแถบความร้อน (heater band) ลักษณะของความร้อนจะเป็นแถบวงกลมหุ้มอยู่ภายนอกกระบอบอก การควบคุมอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple) เป็นตัวควบคุมปริมาณความร้อนที่กระบอบอก หมายถึงการควบคุมอุณหภูมิการหลอมของพอลิเมอร์ ให้เป็นไปตามที่กำหนด วัสดุพลาสติกจะได้รับความร้อนโดยการนำความร้อน เม็ดพลาสติกที่อยู่ในบริเวณติดกับผนังของกระบอบอกจะได้รับความร้อน และหลอมตัว แต่เนื่องจากพลาสติกเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีนัก พลาสติกที่สัมผัสกับกระบอบอกหลอมไวกว่าและจะถูกขับไปข้างหน้า ขณะเดียวกันพลาสติกที่สัมผัสกับผิวสกรูจะถูกขับขึ้นมาแทนที่พลาสติกหลอม ขั้นตอนจะเป็นเช่นนี้จนกระทั่งพลาสติกหลอมจนสมบูรณ์และถูกขับผ่านหัวตายออกมา

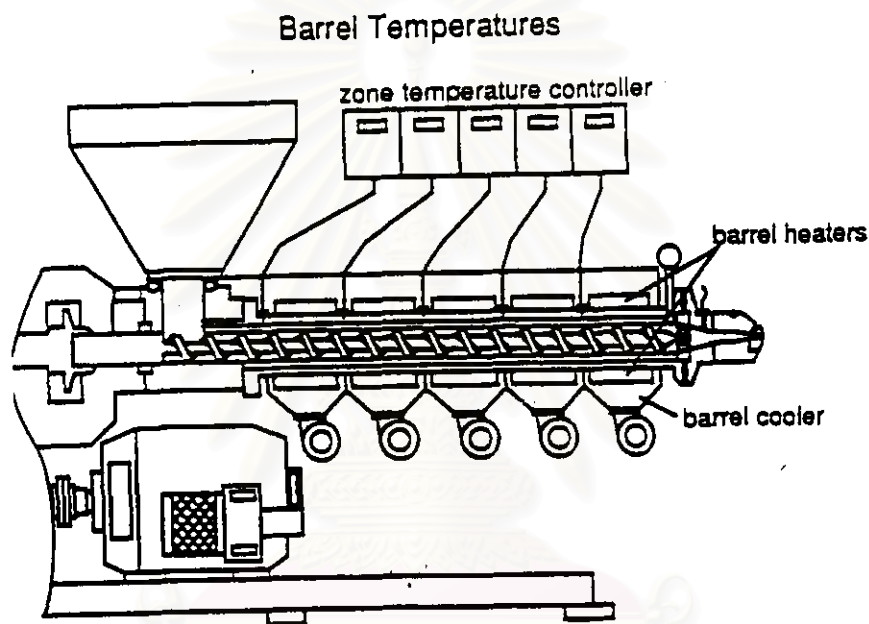


ภาพที่ 2.2 แสดงภาวะของเม็ดพลาสติกในกระบอบอก (Paulson Training Programs , 1988 : 41)

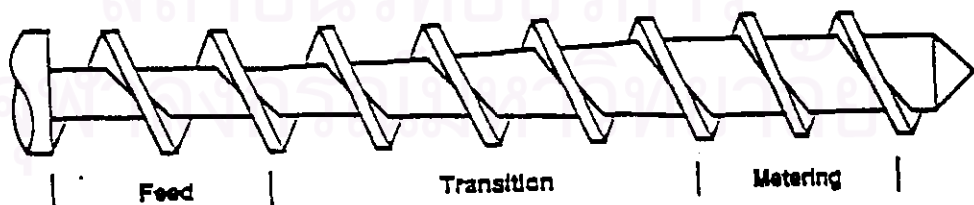
ในการศึกษาได้ยกตัวอย่างประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ว่า ในกรณีตั้งอุณหภูมิของเครื่องอัดรีด บริเวณ (zone) ที่อยู่ถัดจากบริเวณป้อนวัตถุดิบไว้ที่ 150 องศาเซลเซียส และชนิดของวัตถุดิบเป็นชนิดเดียวกันในเครื่องอัดรีดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสกรูใหญ่จะพบว่า อุณหภูมิของเนื้อพลาสติกจะต่ำกว่าที่อยู่ในเครื่องอัดรีดมีขนาดเล็กกว่า (Hewlett, 1985)

ในทางปฏิบัติพบว่าอุณหภูมิของพลาสติกหลอมหลังจากที่ถูกขับมาบริเวณหัวตาย จะมีอุณหภูมิที่แท้จริง ใกล้เคียงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่กระบอก ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่วัตถุดิบได้รับจะได้รับใน 2 ลักษณะ คือ รับโดยตรงจากแถบความร้อนผ่านกระบอก และอีกลักษณะคือ ความร้อนที่เกิดจากการเสียดทานจากตัวเนื้อวัตถุดิบเองเนื่องจากการหลอมเหลวมีความหนืดสูงและยังถูกขับให้เคลื่อนที่ในสกรูที่มีรูปร่างลาดเอียง (tapered screw) แต่ในหลายกรณีพบว่าอุณหภูมิของพลาสติกหลอมนั้นสูงเกินอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่กระบอก ดังนั้นจึงไม่สามารถระบุอุณหภูมิของพลาสติกหลอมตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ได้ ในการแก้ปัญหาจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (temperature probe) บริเวณส่วนหัวของเครื่องอัดรีด ระหว่างปลายสกรู (screw tip) และส่วนท้ายของตาย เพื่อบันทึกอุณหภูมิที่แท้จริงของพลาสติกที่หลอม ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิของพลาสติกหลอมจะมีความสำคัญอย่างมากต่อขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นรูป และต้องควบคุมเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมา จะมีลักษณะเฉพาะต่างๆ ตามที่ต้องการ การที่อุณหภูมิหลอมเหลวสูงเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะบิด หรือแอ่นตัว พร้อมกับมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพ แต่ถ้าอุณหภูมิของพลาสติกเหลวต่ำเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะมีความไม่เรียบ มีสมบัติทางกายภาพลดลง ดังนั้นการควบคุมอุณหภูมิของพลาสติกหลอม จึงมีความสำคัญมาก ต่อการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การควบคุมอุณหภูมิของกระบอกแสดงในภาพที่ 2.3 สกรูที่ใช้ในเครื่องอัดรีดพลาสติกแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนป้อนวัตถุดิบ (feed zone) ส่วนอัด (compression zone) และส่วนปรับวัด (metering zone) บริเวณสกรูที่เป็นส่วนป้อนวัตถุดิบจะประกอบไปด้วย เม็ดพลาสติกและอากาศ พลาสติกจะถูกเคลื่อนไปข้างหน้า บางส่วนที่สัมผัสกับผนังของกระบอกและเริ่มอ่อนตัว เมื่อไปถึงส่วนอัดของสกรู พลาสติกจะหลอมเกือบสมบูรณ์ อากาศจะถูกขับออกโดยการย้อนกลับไปที่กรวยป้อนวัตถุดิบ เครื่องบางตัวจะมีช่องระบายอากาศ (air vent) ที่บริเวณกระบอก ในส่วนปรับวัดของสกรู พลาสติกจะหลอมและ

ผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์ พร้อมทั้งจะถูกส่งไปยังตาย ด้วยอัตราคงที่ตามจังหวะการหมุนของสกรู ตามทฤษฎีพบว่าพลาสติกหลอมจะเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ถ้าอยู่ในเครื่องอัดรีดนานขึ้น ดังนั้นการควบคุมพลาสติกให้อยู่ในเครื่องนานขึ้นสามารถทำได้โดย การลดความเร็วรอบของการเดินสกรูหรือเพิ่มความยาวของสกรู



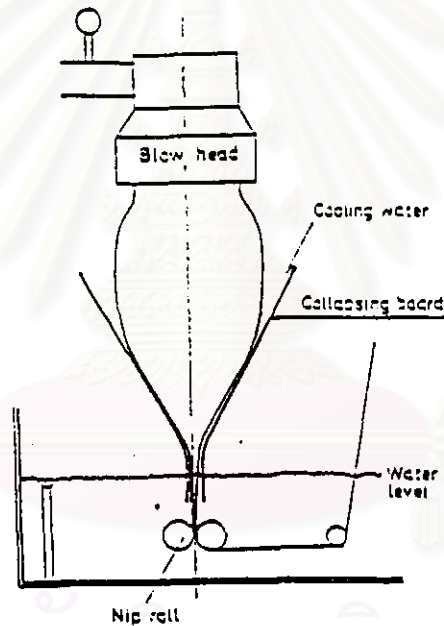
ภาพที่ 2.3 แสดงการควบคุมอุณหภูมิกระบอก (Paulson Trianing Programs , 1988 : 21)



ภาพที่ 2.4 แสดงสกรูในเครื่องอัดรีดพลาสติก (Paulson Trianing Programs , 1988 : 21)

อุปกรณ์ประกอบขึ้นรูปฟิล์มเป่า

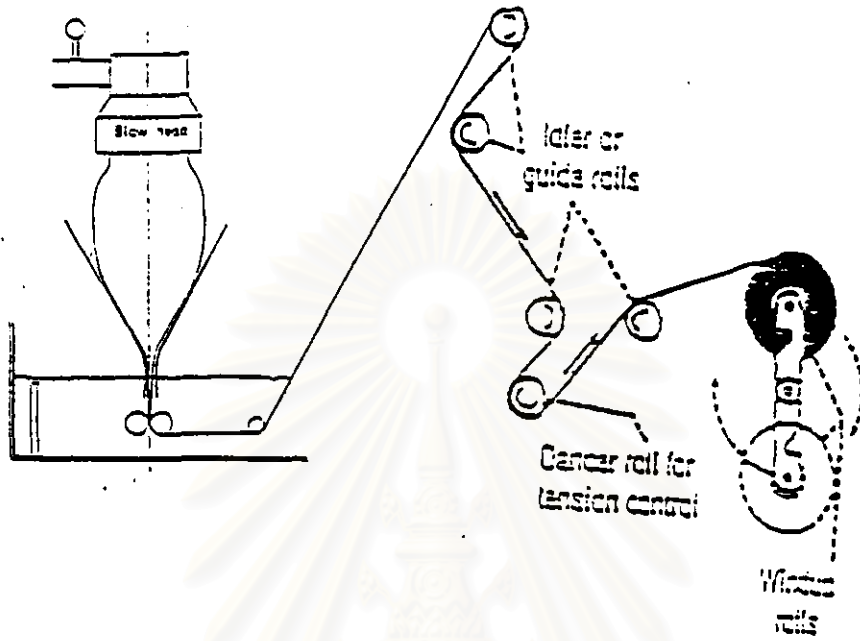
พลาสติกหลอมเมื่อถูกขับผ่านตายที่มีลักษณะเฉพาะออกมาจะอยู่ในรูปทรงกระบอก โดยมีระบบจ่ายลมอยู่ภายในถุงพลาสติก 1 ชุด เพื่อเป่าในถุงพลาสติกพองออก ส่วนระบบจ่ายลมอีกชุดจะเป็นลักษณะของวงแหวนอยู่ภายนอกเพื่อทำหน้าที่จ่ายลมหล่อเย็นฟิล์ม เพื่อไม่ให้ผิวฟิล์มติดกัน และลดแรงดึงภายในเนื้อฟิล์ม ฟิล์มที่เย็นตัวแล้วจะถูกดึงผ่านอุปกรณ์ยวบฟิล์มที่มีลักษณะเป็นรูปกระโจม และผ่านลูกกลิ้งรัดฟิล์ม ไปยังลูกกลิ้งม้วนฟิล์ม ตามภาพที่ 2.6



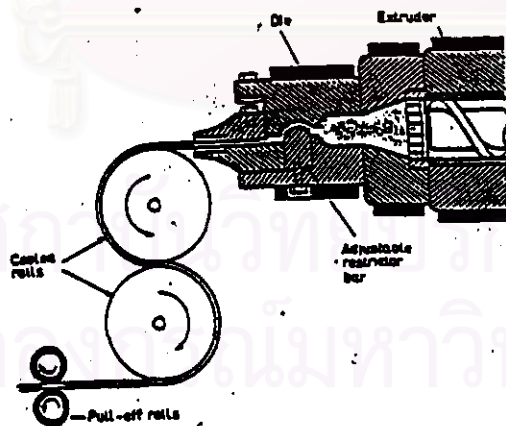
ภาพที่ 2.5 แสดงหัวตายผลิตฟิล์มพลาสติกด้วยกระบวนการเป่า (Briston ,1990:80)

อุปกรณ์ประกอบขึ้นรูปฟิล์มหล่อ

หัวตายหล่อฟิล์มจะมีลักษณะตามภาพที่ 2.7 ทำหน้าที่ควบคุมขนาดและความหนาของแผ่นฟิล์ม เมื่อพลาสติกหลอมผ่านหัวตายออกมาจะถูกส่งไปยังลูกกลิ้งหล่อเย็น เพื่อทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นแผ่นฟิล์มและส่งไปยังลูกกลิ้งม้วนเก็บ



ภาพที่ 2.6 แสดงกระบวนการผลิตฟิล์มเป่าพลาสติก



ภาพที่ 2.7 แสดงกระบวนการผลิตฟิล์มหล่อพลาสติก (Briston, 1990:78)

2.4 สมบัติของพอลิโพรพิลีน

พอลิโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะงานด้านบรรจุภัณฑ์ พอลิโพรพิลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกที่เตรียมโดยปฏิกิริยา addition polymerization โครงสร้างมีลักษณะเป็นเกลียว (helix) มีการจัดเรียงตัวใน 3 รูปแบบ แต่ละรูปแบบจะมีผลต่อลักษณะการจัดเรียงตัวเป็นผลึก จุดหลอมตัว ความแข็งแรง และเสถียรภาพการคงรูป ดังนั้นจึงทำให้สมบัติทางกายภาพแตกต่างกันด้วย

การจัดเรียงตัวของสายโซ่พอลิเมอร์ ทั้ง 3 ลักษณะคือ แบบ isotactic มีลักษณะการบิดโมเลกุลละ 1 เกลียวตลอด เกิดโครงสร้างที่มีกลุ่มเมทิลอยู่ ทางด้านหนึ่งของสายโซ่หลัก โดยตลอดการจัดเรียงตัวแบบนี้ถือว่าเป็นระเบียบที่สุด แบบ syndiotactic ลักษณะการบิดเป็นรอบละ 2 โมเลกุล เกิดโครงสร้างที่มีกลุ่มเมทิลอยู่สลับไปมาตลอดทั้ง 2 แนวของสายโซ่หลัก แบบ atactic ลักษณะการบิดจะไม่เป็นระเบียบ คือเป็นแบบสุ่ม (random)

พอลิโพรพิลีนแบบ isotactic มีสมบัติเป็นที่ต้องการมากที่สุด เนื่องจากมีความเป็นผลึกสูง แข็งแรงมากที่สุด มีจุดหลอมตัวสูงสุด ประมาณ 165 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิกลาสทรานซิชัน (T_g) ประมาณ 13 ถึง 0 องศาเซลเซียส แบบ atactic มีลักษณะยางอ่อนนุ่ม ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย มีค่ากลาสทรานซิชัน ประมาณ -18 ถึง -5 องศาเซลเซียส สำหรับแบบ syndiotactic และ atactic จะมีความทนทานต่อการกระแทกสูง

สมบัติทางกายภาพ

สมบัติโดยทั่วไปของพอลิโพรพิลีนจะคล้ายกับพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง แต่มีสมบัติบางประการที่แตกต่างกัน ได้แก่ พอลิโพรพิลีนมีความหนาแน่นประมาณ 0.905 g/cm ในขณะพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง มีความหนาแน่น 0.941-0.965 g/cc พอลิโพรพิลีนมีความแข็งแรงทนความร้อน อุณหภูมิการใช้งานสูงกว่า พอลิเอทิลีน

สมบัติทางเคมี

พอลิโพรพิลีนมีความต้านทานสารเคมีได้ดี ถูกกัดกร่อนโดยสารพวกออกซิไดซ์ได้ยาก เช่น กรดดินประสิว และ กรดกำมะถันเข้มข้น แต่จะละลายได้ ในสารละลายอะลิฟาติกที่ร้อน และ สารละลายอโรมาติก บางชนิด

ข้อดีข้อเสียของพอลิโพรพิลีน

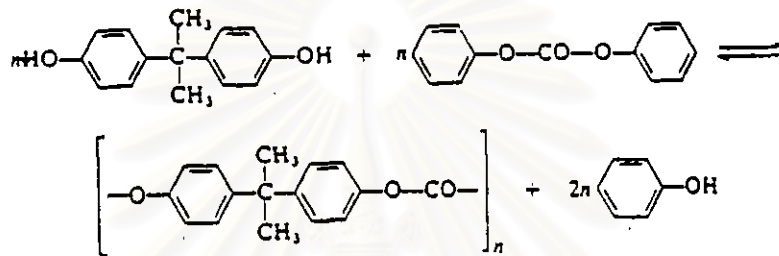
1. มีค่าความถ่วงจำเพาะต่ำ
2. มีความต้านทานต่อสารเคมีดีมาก
3. มีจุดหลอมเหลวสูง (ขึ้นกับปริมาณของพลาสติก)
4. เกรดให้เลือกมากตามความต้องการใช้งาน
5. มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก
6. มีราคาต่ำ (โดยเฉพาะเมื่อเทียบกับหน่วยปริมาตร)
9. ติดไฟได้ง่าย
10. ที่อุณหภูมิต่ำ พอลิโพรพิลีนจะเกิดการเปราะ
11. มีความแข็งปานกลาง
12. การพิมพ์ การลงสี และการติดด้วยกาว สามารถทำได้ยาก
- 13 มีความต้านทานต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ตต่ำ

สมบัติการใช้งานทั่วไปของฟิล์มพลาสติกพอลิโพรพิลีน

ฟิล์มพอลิโพรพิลีน ที่ใช้ในงานบรรจุภัณฑ์มีสมบัติโปร่งใส เหนียว ทนการขีดข่วน เหลืองยาก ไม่เกาะฝุ่น คงรูปดี ราคาถูก

2.5 สมบัติของพอลิคาร์บอเนต

พอลิคาร์บอเนตเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบพอลิไฮดรอกซิล (polyhydroxyl compound) กับกรดคาร์บอนิก (carbonic acid) ได้พอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงของคาร์บอเนตอยู่ ตามสมการ



(Saunders , 1988 : 272)

สมบัติทางกายภาพ

พอลิคาร์บอเนตเรซิน โดยทั่วไปจะทนต่อน้ำและกรดอินทรีย์ อย่างไรก็ตามการแตกตัวและการเปราะอาจเกิดขึ้นได้ ถ้าชิ้นส่วนที่ขึ้นรูปจากพอลิคาร์บอเนตเรซิน ได้รับความเค้นสูง เช่น อยู่ในภาวะที่มีน้ำ ความชื้น หรืออยู่ในภาวะที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ด้วยเหตุผลนี้อุณหภูมิใช้งานจะถูกจำกัดอยู่ที่ 60 - 70 องศาเซลเซียส ความทนแรงดึงและค่ามอดุลัสจะลดลง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนอีกด้านหนึ่งผลของอุณหภูมิที่มีต่อค่าความทนแรงกระแทกจะตรงกันข้าม เมื่ออุณหภูมิลดลงพอลิคาร์บอเนตเรซิน จะกลับมาอยู่ในสภาพที่แข็งและเปราะมากขึ้น ที่อุณหภูมิใกล้ 0 องศาเซลเซียส ค่า notches izod Impact strength มีค่าอยู่ในเกณฑ์สูงพอสมควร เมื่อเทียบกับพลาสติกหลาย ๆ ชนิด

เมื่อนำพอลิคาร์บอเนตมาใช้งานในภาวะเดิมเป็นเวลานานๆ จำเป็นต้องพิจารณา ค่าการคราก (creep) ซึ่งจำกัดของการครากสำหรับวัสดุ ในกรณีของพอลิคาร์บอเนต ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส มีค่า 2000 psi ค่านี้นับว่าเป็นค่าหนึ่งที่สูงที่สุดสำหรับเทอร์โมพลาสติกที่ไม่มีสาร

เสริมแรง พอลิคาร์บอเนตจะไม่เกิดการคราก จนกว่าการรับน้ำหนักจะมากกว่า 2000 psi แต่การรับน้ำหนักที่น้อยกว่า 2000 psi ค่าการคราก ไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา ค่าความหนาวิกฤตขึ้นอยู่กับ เกรต สี อุณหภูมิ และมุมของรอยบาก โดยทั่วไปมีค่าอยู่ระหว่าง 0.160-0.200 นิ้ว พอลิคาร์บอเนตจะเกิดการเสื่อมสภาพได้เมื่อนำไปใช้งานที่สภาพแวดล้อมภายนอกจึงต้องใส่สารเพิ่มเสถียรภาพต่อแสงอัลตราไวโอเล็ตถ้าต้องการนำไปใช้งานกลางแจ้ง แต่มีข้อยกเว้นสำหรับวัสดุสีดำ

สมบัติทางแสง

พอลิคาร์บอเนตมีความใสมากจนจัดว่าเป็นพลาสติกที่ใช้งานแสง (optical plastics) ในการวัดตามมาตรฐาน ASTM D 1003 ได้ผลว่าแสงสามารถส่งผ่านพอลิคาร์บอเนตได้ในอัตรา 68-89% เมื่อเปรียบเทียบกับแก้วซึ่งแสงสามารถผ่านได้ 91 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า ความขุ่น 1-2 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น

สมบัติทางไฟฟ้า

พอลิคาร์บอเนตมีสมบัติทางด้านไฟฟ้า แต่ที่อุณหภูมิสูงค่าสภาพความต้านทานเชิงปริมาตร (volume resistivity) ของพอลิคาร์บอเนตจะลดลง แต่ค่า dielectric strength จะเพิ่มขึ้น พอลิคาร์บอเนตมีความต้านทานต่อการอาร์คต่ำและทนทานกำลังไฟฟ้าได้สูง

ผลกระทบจากความชื้น

พอลิคาร์บอเนตจะดูดความชื้นได้ดี ถ้าอยู่ในช่วงอุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียสและเมื่ออยู่ในสารละลายกรดหรือเบสที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นก่อนทำการผลิตจึงจำเป็นต้องทำการไล่ความชื้น ให้พอลิคาร์บอเนตมีความชื้นต่ำกว่า 0.02 เปอร์เซ็นต์

ผลกระทบจากอุณหภูมิ

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จากพอลิคาร์บอเนตต้องใช้อุณหภูมิสูง สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนเชิงเส้นของพอลิคาร์บอเนตมีค่าใกล้เคียงอะคริลิก ค่าอุณหภูมิการใช้งานต่อเนื่องสูงสุด เช่น อุณหภูมิที่ทำให้ความแข็งแรงทางกายภาพลดลง 50% จากค่าเดิมภายในระยะเวลา 11.4 ปี มีค่า 104 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิการใช้งานต่อเนื่อง สำหรับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในระยะเวลาสั้น (shot term) มีค่าเท่ากับ 132 องศาเซลเซียส

ข้อดี และ ข้อเสียของพอลิคาร์บอเนต

สำหรับข้อดีนั้นได้กล่าวไปแล้วตามสมบัติข้างต้น ส่วนข้อเสียมีดังนี้

1. มีความไวต่อความชื้นสูงที่อุณหภูมิสูง อุณหภูมิในการผลิตประมาณ 260-280 องศาเซลเซียส จำเป็นต้องอบจนมีความชื้นต่ำกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ การกระแทกพอลิคาร์บอเนตด้วยวัตถุที่แหลมคม (point stress) จะทำให้พอลิคาร์บอเนตแตกออกง่าย
2. พอลิคาร์บอเนตไม่ทนต่อตัวทำละลาย เช่น คลอโรฟอร์ม, ซิล 1, -2 ไคคลอโรเอทีลีน 1,2,2 ไตรคลอโรเอทีลีน และ 1,1,1,2-ไดคลอโรเอทีลีน สามารถทำละลายพอลิคาร์บอเนตได้ ส่วนพวกอะซีโตน, เบนซีน และ คาร์บอนเตตระคลอไรด์ จะเพียงทำให้บวมตัว แต่ไม่ถึงกับละลาย
3. พอลิคาร์บอเนตจะมีปัญหาการแตกร้าว ถ้านำไปใช้งานภายนอกนาน ๆ โดยไม่มีสารดูดซับรังสีอัลตราไวโอเล็ตเพียงพอ พอลิคาร์บอเนตจะออกสีเหลือง ๆ และเริ่มเปราะ
4. พอลิคาร์บอเนตมีราคาแพง
5. ในกระบวนการผลิตต้องพิถีพิถันเป็นพิเศษ

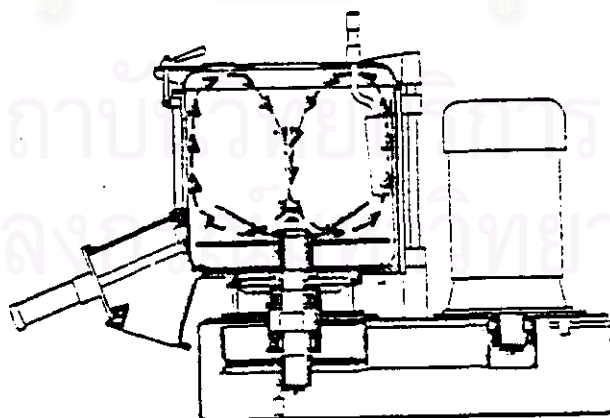
2.6 การผสมพลาสติก

การผสมพลาสติก เป็นวิธีการทำให้พลาสติกหรือพอลิเมอร์มากกว่า 1 ชนิด ที่อยู่รวมกัน หรือผสมอยู่กับสารเติมแต่งมีการผสมคละเคล้ากัน ปกติการผสมจะมี 3 วิธี คือ การผสมแห้ง

(dry blending) การผสมแบบแบทช์ (batch compounding) และ การผสมแบบต่อเนื่อง (continuous compounding)

การผสมแห้ง (Dry Blending)

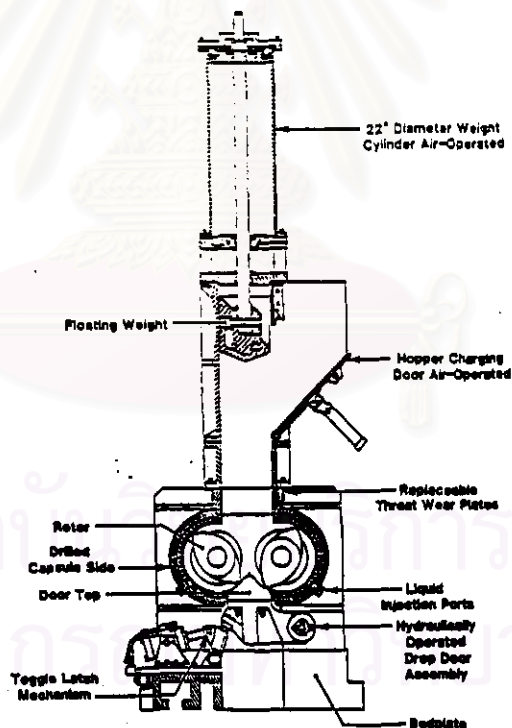
นิยมใช้ผสมพอลิเมอร์ ในรูปของผงเรซิน การผสมด้วยเทคนิคนี้เหมาะกับงานขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์หรืองานอัดรีด วิธีการทำโดยการผสมส่วนผสมต่างๆ เข้ากับเรซิน โดยใช้เครื่องผสมความเร็วสูงเรียกกระบวนการนี้ว่าการผสมแห้ง ในการผสมนี้จะใช้มีดผสมซึ่งหมุนด้วยความเร็ว และจะเกิดความร้อนเนื่องจากแรงเสียดทานขึ้น จากการศึกษาพบว่าถ้าทำการผสม พีวีซีแข็ง (rigid PVC) กับสารเติมแต่ง ความร้อนที่เกิดขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร (bulk density) ของพีวีซีสูงขึ้นหลังผสม แต่ถ้าเป็นการผสมพีวีซีอ่อน เรซินพีวีซีจะร้อนขึ้น เนื่องจากการตีกวนอย่างรวดเร็วจนมีอุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส อนุภาคของเรซินจะมีลักษณะพรุณเหมาะอย่างยิ่งที่จะดูดซับพลาสติกไซเรเซอร์ และสารผสมที่ได้จะอยู่ในรูปผงเหมาะที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิตต่อไป



ภาพที่ 2.8 เครื่องผสมพลาสติกแบบแห้ง (Folkes and Hope, 1993:8)

การผสมแบบแบทช์ (Batch Compounding)

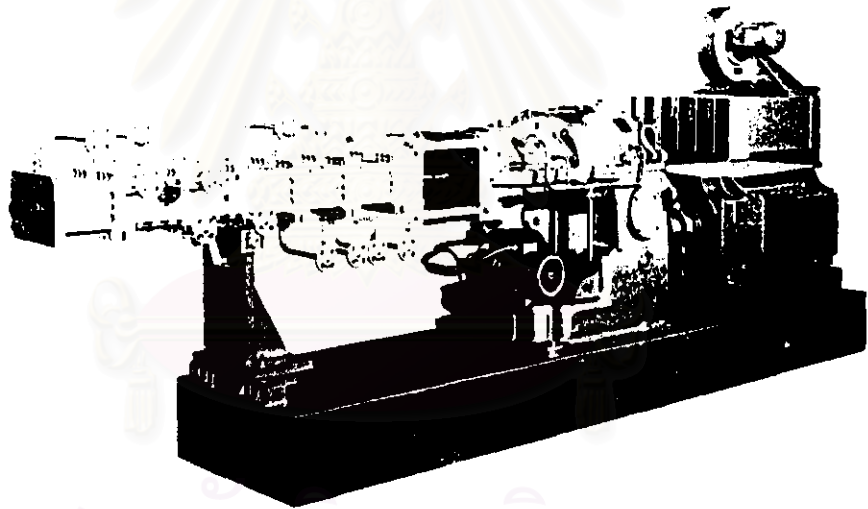
การผสมแบบแบทช์ทำได้โดยผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน และหลอมเหลวส่วนผสม โดยใช้ two roll mills หรือผสมในช่องผสมของ Banbury mixer วิธีการทำ โดยชั่งส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นครั้ง ๆ แล้วใส่ใน Banbury mixer จากนั้นให้ใบกรวนผสม 2 ใบ หมุนทวนกันพร้อม กับหลอมเหลวส่วนผสมด้วย ปกติจะใช้เวลาผสมประมาณ 3-5 นาที ถึงแม้ว่าสามารถจะผสมให้นานเท่าไรก็ได้ เพื่อให้เกิดการหลอมผสมอย่างสมบูรณ์ แล้วจึงส่งไปยัง two roll mills และทำการผสมต่อไปจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแผ่นจากนั้นตัดแผ่นออกให้เล็กลง รอให้เย็นและนำไปทำเป็นเม็ดต่อไป สมบัติของพลาสติกผสมที่ได้จะขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของแต่ละแบทช์



ภาพที่ 2.9 เครื่องผสมพลาสติกแบบ แบทช์ (Folkes and Hope,1993:9)

การผสมแบบต่อเนื่อง (Continuous Compounding)

การผสมแบบต่อเนื่องประกอบด้วยกระบวนการผสมแบบแห้ง ตามด้วยการป้อนส่วนผสมเข้าไปยังชุดผสมแบบต่อเนื่อง ทำให้เย็นตัว และตัดเป็นเม็ด จากนั้นบรรจุ หรือทำการผสมอีกครั้งหนึ่ง ชุดผสมแบบต่อเนื่องอาจใช้เครื่องอัดรีดสกรูเดี่ยว โดยเฉพาะแบบมีช่องระบายอากาศ (vented type) เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ จะเริ่มต้นโดยการป้อนพลาสติกที่ผสมแล้วลงไปในทวนกรวยป้อน และส่งผ่านไปยังดาวยเพื่อตัดเป็นเม็ด ปัจจัยสำคัญคือจะต้องควบคุมไม่ให้เกิดความร้อนมากเกินไป และควบคุมสภาพการผลิตให้คงที่ โดยควบคุมปัจจัยการผลิตเช่นอุณหภูมิ เวลา เพื่อให้ได้เม็ดพลาสติกผสมที่สามารถใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้อย่างไม่มีปัญหา



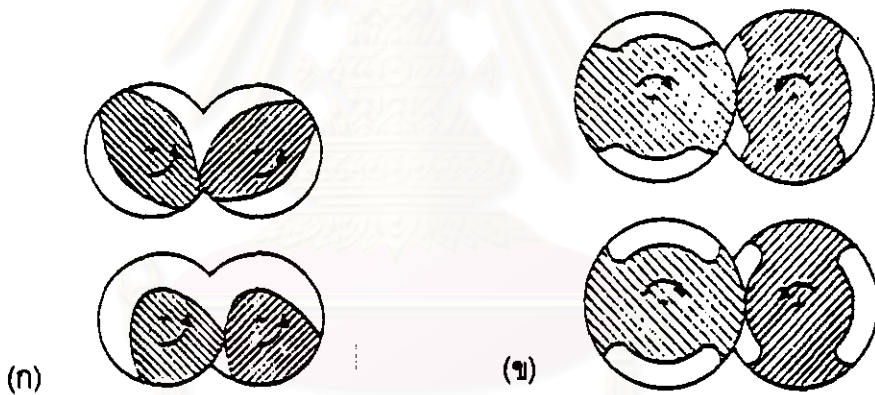
ภาพที่ 2.10 เครื่องอัดรีดพลาสติกแบบสกรูคู่ (Martelli,1983:63)

เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่

เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่มีบทบาทค่อนข้างสูงต่อการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยเฉพาะในงานท่อและไฟรีไฟต์ นอกจากนี้ยังใช้ผสมส่วนผสมของวัสดุพลาสติก เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่แบ่งออกเป็น 2 ชนิด โดยจำแนกตามทิศทางการหมุนของสกรู คือ เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่

ที่มีทิศทางการหมุนของสกรูทางเดียวกัน (co-rotating twin screw extruders) และเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่มีทิศทางการหมุนของสกรูสวนทางกัน (counter-rotating twin screw extruders)

เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในช่วง ค.ศ 1930 ในประเทศอิตาลี เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ชนิดที่มีทิศทางการหมุนของสกรูทางเดียวกันได้รับการพัฒนาครั้งแรกโดย Roberto Columbo และชนิดที่มีทิศทางการหมุนของสกรูสวนทางกัน ได้รับการพัฒนาโดย Carlo Pesquetti ในช่วงแรกเครื่องอัดรีดเหล่านี้จะพบกับความลำบากเกี่ยวกับปัญหาด้านเครื่องจักร (mechine) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ แบริ่งผลักดัน (thrust bearing) จนกระทั่งได้มีการพัฒนาและออกแบบให้ดีขึ้น ส่งผลให้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่นิยมใช้อุตสาหกรรม ในส่วนของกระบวนการผลิตที่ใช้วัสดุพลาสติกอย่างกว้างขวางทั่วโลก



ภาพที่ 2.12 แสดง (ก) ทิศทางการหมุนของสกรูทางเดียวกัน

(ข) ทิศทางการหมุนของสกรูสวนทางกัน (Folkes and Hope, 1993 : 31)

การผสมพอลิเมอร์ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวเป็นการผสมที่มีประสิทธิภาพต่ำ การผสมขึ้นอยู่กับรูปแบบการไหลของวัสดุที่เป็นเม็ด และส่วนที่หกลมละลายที่อยู่ระหว่างสกรูและผนังของกระบอกเพื่อการขนถ่ายไปตามสกรู อีกทั้งผลที่มาจากความร้อนที่สะสมขึ้น ในวัสดุที่เกิดจากแรงเสียดทานด้วย ดังนั้นจึงยากในการควบคุมพฤติกรรมของพลาสติก

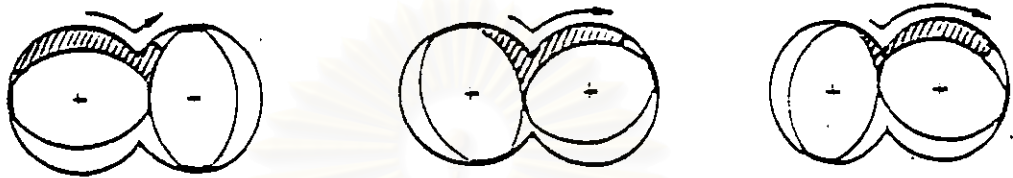
เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่จะมีการรบกวนของสกรู ทำหน้าที่คล้ายปั๊มมีความสัมพันธ์กับการพาว์สตูไปข้างหน้า ดังนั้นจึงไม่ขึ้นกับรูปแบบการไหลของพอลิเมอร์ในการพาว์สตูไปข้างหน้า และเกิดความร้อนจากการเสียดสีกันภายในโมเลกุลขณะเคลื่อนตัวน้อยมาก เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่มีประสิทธิภาพในการทำให้เกิดการกระจายตัวขององค์ประกอบที่ผสมกันได้อย่างดี ซึ่งก็ทำให้เกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอด ความร้อนเกือบทั้งหมดภายในกระบอกของเครื่องอัดรีดเกิดจากการรับความร้อนโดยตรงจากแถบความร้อนและถ่ายเทไปสู่วัสดุ การที่วัสดุผ่านช่องว่างระหว่างสกรูเป็นผลให้วัสดุได้รับการผสม, ได้รับความร้อนและเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างสม่ำเสมอและคงที่

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียการใช้เครื่องผสมพลาสติกแบบสกรูคู่และสกรูเดี่ยว

เครื่องผสม	ข้อดี	ข้อเสีย
1. เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่	1. ค่าความเค้นเฉือนสูงและคงที่ 2. ให้ความร้อนน้อย 3. ง่ายต่อการเปลี่ยนชนิดพอลิเมอร์ 4. ประสิทธิภาพการผสมสูง	1. ราคาเครื่องสูง 2. ค่าบำรุงรักษาแพง
2. เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว	1. ราคาถูก ง่าย 2. สามารถปรับแต่งหรือเพิ่มเติมอุปกรณ์การผลิตเสริมง่าย	1. ควบคุมกระบวนการให้มีความผสมคงที่ยาก 2. ประสิทธิภาพการผสมต่ำ 3. อัตราความเค้นเฉือนต่ำ 4. ใช้เวลานาน

เครื่องอัดรีดสกรูคู่ที่มี การหมุนของสกรูทางเดียวกันมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดความเร็วรอบต่ำ ซึ่งนิยมใช้ในการในทำโปรไฟล์ (profile) และชนิดความเร็วรอบสูง ที่ถูกใช้ในการผสมวัสดุพลาสติกกับวัสดุชนิดอื่น ๆ ให้เข้ากันก่อน เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตขั้นต่อไป

การชนถ่ายในเครื่องอัดรีดแบบที่มีการหมุนของสกรูทางเดียวกันไม่ตีเท่าชนิดที่มีการหมุนของสกรูสวนทางกัน เพราะแบบแรกมีช่องว่างที่เกิดขึ้นระหว่างสกรูทั้ง 2 ตัวมากกว่า



ภาพที่ 2.12 แสดงการชนถ่ายพลาสติกภายในสกรู (Folkes and Hope, 1993 : 33)

การผสมอย่างมีประสิทธิภาพในเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ชนิดที่มีสกรูหมุนทางเดียวกัน เกิดจากการถ่ายเทวัสดุจากสันเกลียวสกรูหนึ่งผ่านช่องว่างที่มีอยู่ไปยังสันเกลียวของสกรูข้างเคียงและช่องว่างบริเวณข้างเคียงที่เกิดจากความลึกของเกลียว เมื่อการผสมชนิดนี้เกิดขึ้นวัสดุจะสัมผัสกับผนังของกระบอกในช่องว่างที่มีอยู่ตลอดพื้นที่หน้าตัด และจะถูกพลิกกลับในระหว่างกระบวนการชนถ่าย และสัมผัสกับผิวสกรูในช่องว่างของส่วนที่อยู่ติดกัน ดังนั้นวัสดุเมื่อสัมผัสกับผิวของสกรูด้านหนึ่งในขณะที่เดียวกันอีกด้านหนึ่งก็จะสัมผัสกันกับผิวของกระบอกจะส่งผลให้โพลีเมอร์เกิดการผสมอย่างซ้ำๆ มีความสม่ำเสมอมาก มีการควบคุมอุณหภูมิของการหลอมและความสม่ำเสมอเปรียบเหมือนกับการควบคุมพฤติกรรมการไหลของส่วนหลอมด้วย ดังแสดงในภาพที่ 2.12

ในเครื่องอัดรีดสกรูคู่ที่มีการหมุนของสกรูสวนทางกัน นอกจากสกรูจะชนกันแล้วยังมีความใกล้ชิดกันของสกรูมาก จึงมีช่องว่างระหว่างเกลียวของสกรูทั้งสองน้อย ดังนั้น เครื่องอัดรีดจึงมีความสามารถในการชนถ่ายที่ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดีไม่เหมือนกับเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่แบบที่มีการหมุนของสกรูทางเดียวกันซึ่งโพลีเมอร์ถูกชนถ่ายจากช่องว่างหนึ่งไปสู่ช่องว่างหนึ่งช้ากว่าความเร็วของสกรูในบริเวณที่สกรูทั้งสองเกิดการชนกันต่างก็มีทิศทางเดียวกัน และวัสดุที่เข้าสู่บริเวณที่เกลียวชนกัน มีแนวโน้มที่จะไหลผ่านบริเวณที่เกิดชนกันและเกิดแรงดันที่มากพอสมควรต่อสกรูทั้งสอง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้สกรูเกิดการบิดเบี้ยวได้ จากสาเหตุดังกล่าวเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ที่มีสกรูทั้งสองอยู่ใกล้ชิดกันมากจะใช้ที่ความเร็วรอบต่ำๆ เพื่อเลี่ยงแรงดันส่วนเกินที่เกิดขึ้น

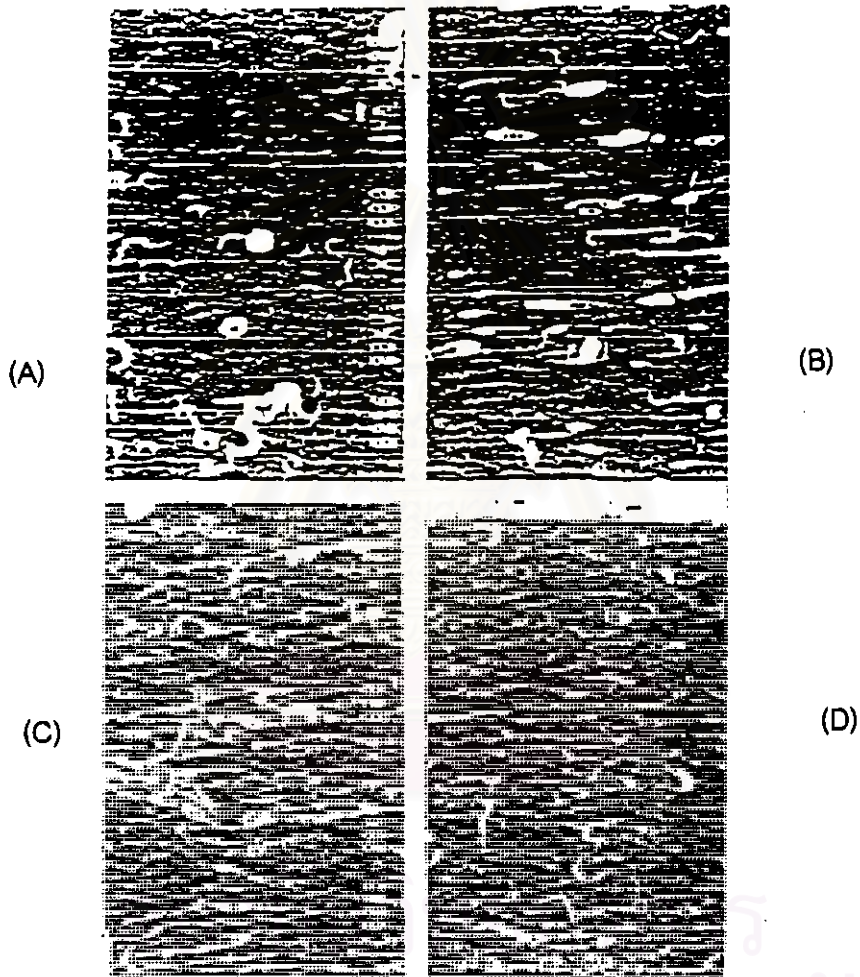
ในบริเวณที่เกลียวรอบกัน ถ้าช่องว่างระหว่างลวดเพิ่มขึ้น จะทำให้สามารถเพิ่มความเร็วรอบของ ลวดได้แต่ว่าการนำพาสถุที่มีประสิทธิภาพโดยลวดจะลดลง

2.7 การศึกษาพอลิเมอร์ผสม

การขึ้นรูปพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิคาร์บอนเนตเป็นการขึ้นรูปที่มีมากกว่า 1 เฟส ทำให้ต้องเผชิญกับความยุ่งยากมากขึ้นในทุกขั้นตอนของผลิต โครงสร้างและสมบัติ ต่างๆ ของผลิตภัณฑ์พลาสติกผสมที่ได้ เกิดจากผลรวมของส่วนผสมที่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันไม่ได้ ของพอลิเมอร์ เช่นเดียวกับกรณีพลาสติกเสริมแรงเป็นต้น มีการพยายามที่จะใช้ทฤษฎีเพื่อการ คาดเดาถึงความคงรูปร่างและความแข็งแรงของวัสดุที่เกิดจากวัสดุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาผสมกัน แล้วทำให้เกิดการแยกเฟสที่ต่างกันในผลิตภัณฑ์เดียวกัน ได้มีผู้เสนอบทความเกี่ยวกับทฤษฎี เหล่านี้ แต่วิธีต่างๆ ที่ทดสอบความถูกต้องของทฤษฎีส่วนใหญ่แล้วเน้นสมมติฐานว่าในแต่ละเฟส มีการเกาะติดกัน (adhesion) อย่างสมบูรณ์แบบ ระหว่างเมทริกซ์ (matrix) และเฟสกระจาย (dispersed phase) อนุภาคซึ่งมีลักษณะทรงกลมได้ถูกล้อมรอบอยู่ในเมทริกซ์ ซึ่งสมมติว่ามี ความไม่เท่ากันในแต่ละทิศทาง การศึกษาเกี่ยวกับการเกาะติดกันของพอลิเมอร์ผสมพอลิโพรพิลีน กับพอลิคาร์บอนเนต พบว่าจากขั้นตอนของการผลิตพลาสติกผสมนั้น ไม่สามารถทำให้พอลิเมอร์ ทั้งสองผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกันได้ และได้เผยแพร่ทาง เอกสารแสดงให้เห็นว่าไม่มีการเกาะติด (adhesion) ในบริเวณที่วัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้สัมผัสกัน (Fisa, Favis and Bourgeois, 1987)

การศึกษาโครงสร้าง สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมพอลิคาร์บอนเนตและพอลิโพรพิลีนที่ ขึ้นรูปจากกระบวนการฉีด ทำการผสมพอลิคาร์บอนเนตกับพอลิโพรพิลีนในอัตราส่วนต่างๆ พบว่า โครงสร้างของพอลิเมอร์ผสม เมื่อขึ้นรูปด้วยการฉีดมีความซับซ้อนอย่างยิ่ง ที่ปริมาณความเข้มข้น ของพอลิคาร์บอนเนตต่ำ การกระจายตัวของเฟสกระจายจะถูกสมมุติให้ส่วนใหญ่มีรูปร่างที่เป็นทรง กลม หรือทรงรีในบริเวณที่เป็นแกน(core) ตามภาพที่ 2.13A บริเวณใกล้ผิวหน้าส่วนที่เป็นพอลิ คาร์บอนเนต เกิดการยึดตัวจนเกิดเป็นลักษณะเป็นแผ่น ตามภาพที่ 2.13B ที่ปริมาณ 40% โดย ปริมาตร ขนาดของอนุภาคนี้จะใหญ่

มากขึ้นกว่าเดิม และจะเกิดการปิดตัวมากขึ้น ทั้งในส่วนที่อยู่ในบริเวณแกนตาม ภาพที่ 2.13 C และส่วนที่อยู่ในบริเวณผิว ซึ่งสังเกตได้ว่าจะยาวเป็นลักษณะคล้ายเส้นใยซึ่งมีสัดส่วนความยาวต่อความกว้างมากขึ้น ตามภาพที่ 2.13 D

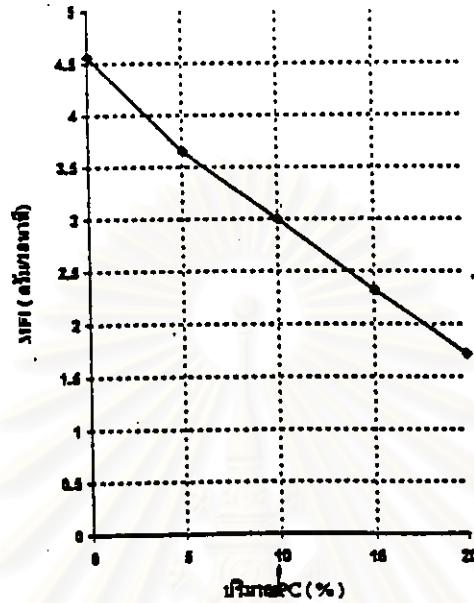


ภาพที่ 2.13 ภาพ Scanning Electron micrographs แสดงผิวหน้าของพลาสติกผสม
พอลิโพรพิลีน/พอลิเอทิลีน (Fisa et al., 1987)

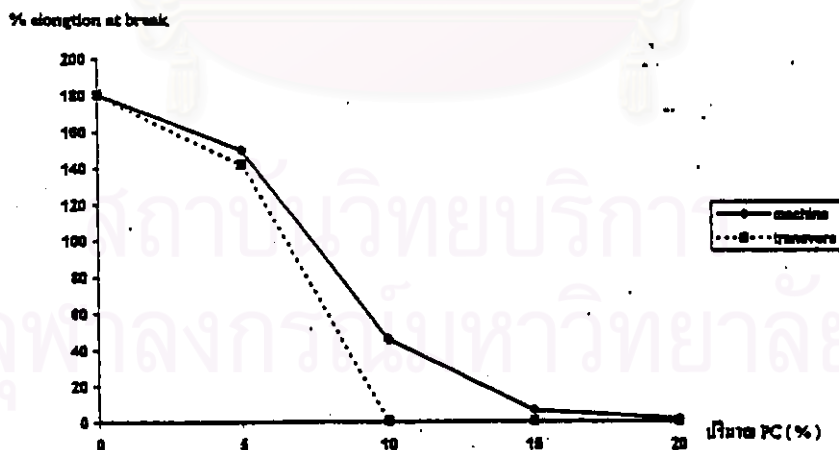
จากการศึกษาสมบัติของชิ้นงานฉีดพบว่าในการขึ้นรูปด้วยการฉีดพอลิเมอร์ผสม 2 ชนิด ระหว่างพอลิโพรพิลีนและพอลิคาร์บอเนต ความสามารถในการคงรูปร่างจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิคาร์บอเนตที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจะไม่เกิดการเกาะติดกันของวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์ แต่ยังคงผลให้เกิดการคงรูป สามารถสันนิษฐานได้ว่าเป็นผลมาจากพอลิโพรพิลีนมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนสูงกว่าซึ่งจะหดตัวล้อมรอบพอลิคาร์บอเนตซึ่งเป็นเฟสกระจายความแข็งแรงและความสามารถในการคงทนรูปร่างเพิ่มขึ้น เมื่อค่าความหนืดของพอลิโพรพิลีนเพิ่มขึ้น ในทางตรงข้ามผลการศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่าการไหลของพอลิเมอร์เหลวภายในแม่พิมพ์ ทำให้เฟสกระจายเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและการไหลและทำให้เฟสกระจายเกิดการเรียงตัวด้วย (Fisa et al., 1987)

กรณีสมบัติเชิงกลของฟิล์มผสมระหว่างพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำกับพอลิคาร์บอเนตผสมโดยใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว พบว่าเมื่อปริมาณพอลิคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นค่าครั้นการไหลมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากพอลิคาร์บอเนตมีค่าครั้นการไหลต่ำกว่าพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ ดังนั้น เมื่อทำการผสมความหนืดของพอลิเมอร์ผสมขณะหลอมจึงเพิ่มขึ้น สมบัติเชิงกลของฟิล์ม พบว่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของฟิล์มลดลง เมื่อทดสอบความต้านทานต่อการฉีกขาดของฟิล์มตัวอย่างทั้งชิ้นงานทดสอบตามแนวเครื่องจักรและตามแนวขวางมีแนวโน้มที่จะลดลงตามปริมาณของพอลิคาร์บอเนต โดยมีอัตราการลดลงอย่างรวดเร็วแม้จะมีปริมาณพอลิคาร์บอเนตเพียงเล็กน้อย เนื่องจากอิทธิพลของพอลิคาร์บอเนตที่มีความยืดหยุ่นน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นงานทดสอบตามแนวขวางเครื่องจักรมีความต้านทานต่อการฉีกขาดมากกว่าชิ้นงานทดสอบตามแนวเครื่องจักร (จักริน พรหมจิรสฐและสรพงษ์ ภวสุปรีย์, 2540)

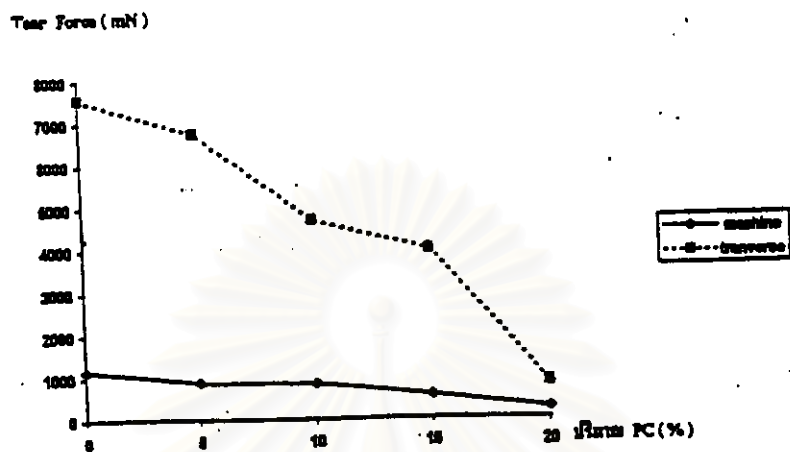
การผสมพอลิโพรพิลีนและพอลิคาร์บอเนต ด้วยเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว และขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบด้วยเครื่องอัด (Compression Machine) พบว่าค่า tensile strength มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณพอลิคาร์บอเนต ส่วนที่ 100 เปอร์เซ็นต์ พอลิคาร์บอเนตจะมีค่าสูงชันมากกว่าที่ 0 เปอร์เซ็นต์ พอลิโพรพิลีนมาก เพราะเป็นสมบัติเฉพาะของพอลิคาร์บอเนต ซึ่งมีความแข็งแรงและความเหนียว



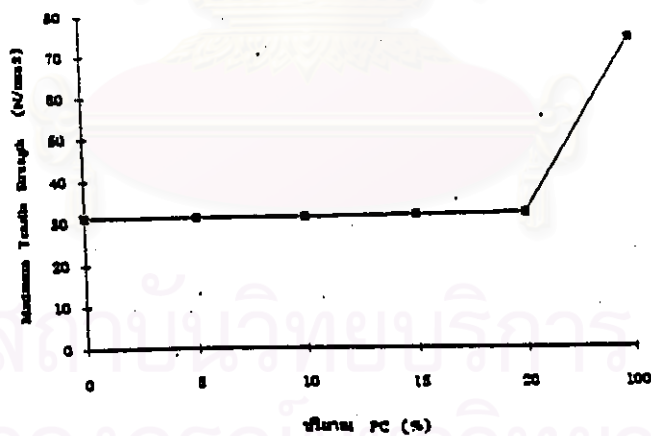
ภาพที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า MFI กับ ปริมาณ PC ที่ผสมใน LDPE ที่เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่างๆ (จักริน พรหมจิรสุข , สรพงษ์ ภาสุปรีย์ , 2538:43)



ภาพที่ 2.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % elongation กับ ปริมาณ PC ที่ผสมใน LDPE ใน เปอร์เซ็นโดยน้ำหนักต่างๆ (จักริน พรหมจิรสุข , สรพงษ์ ภาสุปรีย์ , 2538:47)



ภาพที่ 2.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานการฉีกขาด กับ ปริมาณ PC ที่ผสมใน LDPE . (จักริน พรหมจิรสุข , สรพงษ์ ภาสุปรีย์ , 2538:34)



ภาพที่ 2.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Tensile strength (N/mm^2) กับปริมาณ PC ที่ผสมใน PP .(นามชัย งามนรดี และ มนตรี ทิมพิโทภาส 2536)

จากข้อมูลที่ได้มีแสดงว่าการผสมพอลิโพรพิลีนด้วยพอลิคาร์บอนเนตจะทำให้พอลิโพรพิลีนมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นแต่จะเพิ่มขึ้นไม่มาก ทั้งนี้ทั้งนั้นความแข็งแรงที่เพิ่มมากขึ้นหรือลดลงจะขึ้นอยู่กับการผสมให้เข้าเป็นเนื้อกันได้มากความแข็งแรงที่ได้ก็จะมากขึ้นตาม ในทำนองเดียวกันถ้าผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้น้อย ความแข็งแรงที่ได้ก็จะลดลงตาม ซึ่งจากการทดลองนี้ ค่าความแข็งแรงของวัสดุจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (นามชัย งามนรติ และ มนตรี ทิมพีโภภาส 2536)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย