

บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

K. Friedrich, M. Evstatiev, S. Fakirov, O. Evstatiev, M. Ishii, M. Harrass ได้ศึกษาการทำเส้นใยเสริมแรง (MFC) ที่ได้จากการผสมพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตเกรดรีไซเคิลกับพอลิ โพรพิลีน และสารที่ทำให้เข้ากัน (เอทิลีนไกลซิไดนเมทาไครเลต (E-GMA)) ที่เตรียมโดยใช้ขบวนการอัดรีดตามด้วยการดึงที่สถานะเย็นตัวเป็นเส้นใยต่อเนื่อง อัตราส่วนน้ำหนัก PET/PP/E-GMA อยู่ที่ 40/60/0, 40/59/1, 40/57/3, 40/54/6 และ 40/51/9 ตามลำดับ โดยทำการอัดรีดผสมด้วยเครื่องอัดรีดสกรูคู่ โดยตั้งอุณหภูมิตั้งแต่ช่วงป้อนเม็ดถึงหัวดายน์เป็น 260, 270, 260 และ 245 °C ตามลำดับ โดยอัตราการหมุนของสกรูอยู่ที่ 30 rpm เส้นอัดรีดที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ที่ 2 มิลลิเมตร ทำการดึงให้เย็นตัวที่อุณหภูมิ 75 – 80 °C โดยตั้งความเร็วชุดดึงอยู่ที่ประมาณ 100 เมตรต่อนาที โดยเส้นอัดรีดที่ผ่านการดึงเมื่อเย็นตัวแล้วจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.6 และ 0.7 มิลลิเมตร โดยมีอัตราการดึงยึดอยู่ที่ประมาณ 8 – 11 จากนั้นทำการตัดเส้นที่ได้จากการอัดรีดให้เป็นเม็ดมีความยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร นำไปทำการอัดขึ้นรูป (Compression molding) และฉีดขึ้นรูป (Injection molding) เพื่อทำเป็นชิ้นงานตัวอย่างที่จะนำไปทำการทดสอบด้วยวิธีการส่องดูโครงสร้างบริเวณผิวด้วย Scanning Electron Microscope (SEM), wide-angle X-ray scattering (WAXS) และการทดสอบเชิงกล

จากการทดสอบชิ้นงานตัวอย่างที่ขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดขึ้นรูปและวิธีการฉีดขึ้นรูปจะได้ผลใกล้เคียงกัน โดยผลจาก WAXS, SEM แสดงให้เห็นถึงการจัดเรียงโมเลกุลในชิ้นงานตัวอย่างที่มีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอของส่วนผสมในเส้นที่ได้จากการอัดรีดและจะมีการจัดเรียงตัวที่เพิ่มขึ้นหลังจากทำการดึงยึด นอกจากนี้ยังพบว่าเส้นใยที่ได้มาจากการผสมโดยปราศจากสารที่ทำให้เข้ากันจะมีความยาวกว่าเส้นใยที่ได้มาจากการผสมที่มีการใช้สารทำให้เข้ากัน เนื่องมาจากสารทำให้เข้ากันจะไปเคลือบอยู่รอบๆอนุภาคของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตทำให้เกิดการขัดขวางการรวมตัว เมื่อนำชิ้นงานตัวอย่างไปทดสอบสมบัติเชิงกลพบว่าพลังงานแรงกระแทกของชิ้นงานที่ได้จากการฉีดขึ้นรูปจากวัสดุผสม PET/PP จะมีค่าต่ำกว่าชิ้นงานจากพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์เนื่องมาจากการไม่เข้ากันระหว่างพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตและพอลิโพรพิลีนแต่ค่าพลังงานนี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มสารที่ทำให้เข้ากัน ค่าความทนต่อการโค้งงอและมอดูลัสการโค้งงอของวัสดุผสมจะสูงกว่าค่าที่ได้จากชิ้นงานพอลิโพรพิลีนบริสุทธิ์และชิ้นงานผสมที่ปราศจากโครงสร้าง MFC อยู่ประมาณ 60 – 70 % ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะอธิบายให้เห็นถึงผลของใยเสริมแรง ส่วนค่าพลังงานความทนแรงกระแทกของชิ้นงานที่ได้จากการอัดขึ้นรูปจะมีค่าสูงกว่าชิ้นงานจากชิ้นงาน PP ผสมใยเสริมแรงเล็กน้อย และมีค่าสูงกว่าชิ้นงาน PP บริสุทธิ์สามถึงสี่เท่า [1]

Ching-Wen Lou, Ching-Wen Lin, Chen-Hwan Lei, Kuan-Hua Su, Chan-Hung Hsu, Zheng-Horng Liu, Jia-Horng Lin ได้ศึกษาเรื่องของการทำวัสดุผสมและศึกษากระบวนการเข้ากันของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตและพอลิโพรพิลีน ในการศึกษานี้ใช้พอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตกับพอลิโพรพิลีนเกรดที่บริสุทธิ์ผสมกับถ่านไม้ไผ่ โดยถ่านไม้ไผ่ได้มาจากการเผาไม้ไผ่ที่อุณหภูมิสูง วัสดุผสม PET/PP ซึ่งมีการใช้เกรดของพอลิโพรพิลีนที่ต่างกันและอัตราส่วนของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตอยู่ที่ 10, 20 และ 30 % ที่อัตราส่วนของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต 10 และ 20 % ค่าความทนต่อแรงดึงของวัสดุผสม PET/PP ที่มีพอลิโพรพิลีนเกรดรีดเป็นเมทริกซ์จะมีค่าสูงกว่าวัสดุผสมที่มีพอลิโพรพิลีนเกรดชนิดเป็นเมทริกซ์ แต่ค่าความทนต่อแรงดึงของวัสดุผสม PET/PP จะมีค่าคงที่เมื่ออัตราส่วนของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตอยู่ที่ 30 % ไม่ว่าจะใช้พอลิโพรพิลีนเกรดใดเป็นเมทริกซ์ก็ตาม สมบัติความทนแรงกระแทกของวัสดุผสม PET/PP_{inj} (เกรดรีด) จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเพิ่มส่วนผสมของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต ผลดังกล่าวเกิดขึ้นมาจากการยึดเกาะกันไม่ดีพอระหว่างเฟส ทำให้เกิดความเค้นขึ้นระหว่างเฟสของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตและพอลิโพรพิลีน โดยที่ความทนต่อแรงกระแทกของวัสดุผสม PET/PP_{ext} (เกรดอัดรีด) จะลดลงเรื่อยๆเมื่ออัตราส่วนผสมของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าความทนแรงกระแทกพบว่าค่าความทนแรงกระแทกของวัสดุผสม PET/PP_{ext} จะมีค่าสูงกว่าวัสดุผสม PET/PP_{inj} ดังนั้นจะสรุปได้ว่าสมบัติความทนแรงกระแทกของวัสดุผสม PET/PP จะขึ้นอยู่กับอิทธิพลที่ได้จากส่วนของพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์ ผลที่ได้จะแสดงให้เห็นถึงสมบัติทางกายภาพของวัสดุผสม PET/PP_{ext} ว่าดีกว่า PET/PP_{inj} ที่อัตราส่วนผสมของพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต 10 และ 20 % ในขณะที่เมื่อใช้พอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต 30 % จะเกิดการแยกเฟสระหว่างพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตและพอลิโพรพิลีน เมื่อทำการผสมถ่านไม้ไผ่เข้าไปในวัสดุผสมพบว่า ค่าความทนต่อแรงดึงของวัสดุผสม PET/PP จะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของถ่านไม้ไผ่หลังผ่านการขึ้นรูป ผลที่เกิดขึ้นนี้เนื่องมาจากการเพิ่มอัตราส่วนของถ่านไม้ไผ่ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับการลดสัดส่วนของพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์ และทำให้เกิดการลดค่าความทนต่อแรงดึง ของวัสดุผสม PET/PP เมื่อทำการผสมถ่านไม้ไผ่ที่อัตราส่วนมากกว่า 8 % พบว่าค่าความทนต่อแรงดึงของวัสดุผสม PET/PP จะเพิ่มขึ้น ค่ามอดูลัสการโค้งงอ (Flexural Modulus) ของวัสดุผสม PET/PP จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีการเติมถ่านไม้ไผ่ นอกจากนี้ลักษณะความเป็นผลึกจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่อนุภาคของถ่านไม้ไผ่เข้าไปในส่วนหนึ่งของพอลิโพรพิลีนเมทริกซ์ ในส่วนความทนแรงกระแทกของวัสดุผสม PET/PP มีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อผสมถ่านไม้ไผ่เข้าไปในวัสดุผสม

2.2 พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลต (Polyethylene terephthalate, PET)

พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตมีหมู่เอทิลีน 2 หมู่ ทำให้สายโซ่โมเลกุลค่อนข้างแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับพอลิบิวทิลีนเทอเรฟทาเลต (Polybutylene terephthalate, PBT) พอลิเมอร์ชนิดนี้ตกผลึกช้ามาก ถ้าหล่อเย็นอย่างรวดเร็วจากสภาวะหลอมที่อุณหภูมิหลอม (T_m) อยู่ที่ 245 ถึง 271°C จนถึงอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงคล้ายแก้ว (T_g) อยู่ที่ 60 ถึง 81 °C จะได้พอลิเอสเทอร์ที่เป็นพอลิเมอร์ อัจฉริยะที่มีความโปร่งใสสูงมาก ถ้าให้ความร้อนใหม่อีกครั้งแล้วค่อยๆปล่อยให้เย็น จะเกิดผลึกประมาณ 30% ดังนั้นสมบัติเด่นของพอลิเมอร์ชนิดนี้ ไม่มีผลเนื่องมาจากการมีผลึกและมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่นเดียวกับไนลอน และอะซิติก แต่จะมาจากปรากฏการณ์ของการจัดเรียงตัวของโมเลกุล (Orientation effect) กล่าวคือทำให้โมเลกุลเกิดการจัดเรียงตัวในทิศทางหนึ่ง โดยการดึงในแนวแกนเดียว (Uni-axial stretching) ซึ่งส่งผลให้มีความแข็งแรงในทิศทางที่ดึงสูงมาก แต่จะไม่แข็งแรงในทิศทางที่ตั้งฉากกัน แต่ทำให้เกิดความแข็งแรงได้ทั้งสองทิศทางโดยการดึงในแนวสองแกน (Biaxial stretching)

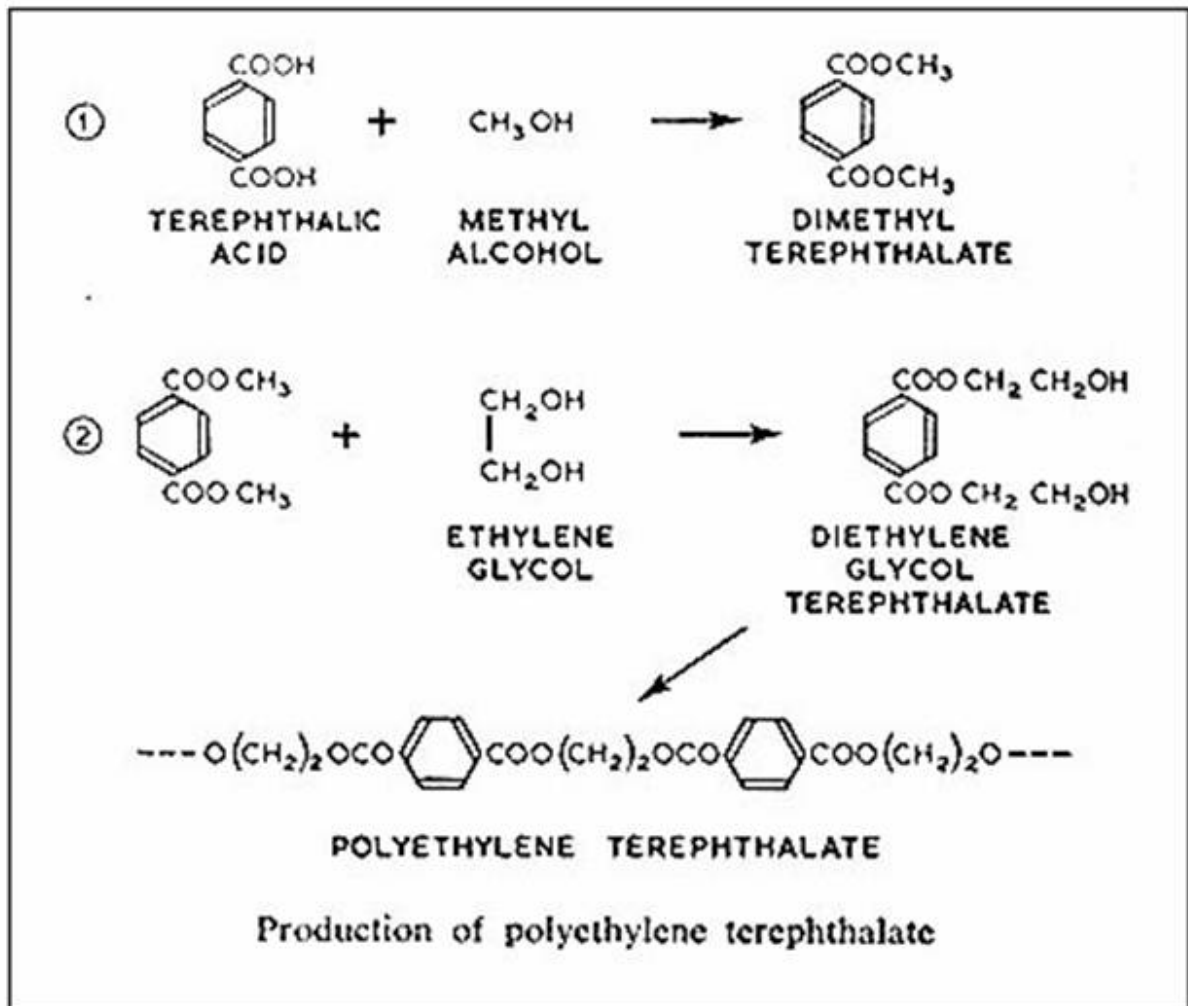
ปรากฏการณ์จัดเรียงตัวของโมเลกุลจะเกิดกับพอลิเมอร์ที่มีหน่วยซ้ำขนาดใหญ่ ดังเช่น พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลต ซึ่งการแปรรูปทั่วไปมักจะขึ้นรูปขึ้นงานแล้วหล่อเย็นอย่างรวดเร็วได้พอลิเมอร์อัจฉริยะก่อนแล้วนำมาให้ความร้อนใหม่เพื่อทำการดึงให้เกิดการจัดเรียงตัวของโมเลกุล โดยการดึงขณะร้อนแล้วทำให้พอลิเมอร์เกิดผลึกโดยค่อยๆหล่อเย็น การเกิดผลึกจะทำให้โมเลกุลที่จัดเรียงตัวแล้วถูกผลักให้เคลื่อนตัวได้น้อยลง ซึ่งส่งผลให้มีสมบัติเชิงกลในแนวที่ดึงดีมาก การแปรรูปพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตโดยการดึงในแนวแกนเดียว ใช้ในการผลิตเส้นใย และเทปบันทึกเสียงและภาพ เป็นต้น ส่วนการดึงในแนวสองแกนใช้ในการผลิตพลาสติกที่ใช้ทำฟิล์มถ่ายภาพ ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ การผลิตภาชนะบรรจุ เช่น ขวดน้ำอัดลม ซึ่งแปรรูปโดยเทคนิคการเป่าแบบมีการดึงในแนวสองแกน (Stretch blow molding) ซึ่งการแปรรูปแบบนี้จะเป่าขึ้นรูปพรีฟอร์มที่เป็นพอลิเมอร์อัจฉริยะก่อน แล้วจึงนำไปให้ความร้อนก่อนทำการดึง แล้วปล่อยให้ผลึกที่มีขนาดเล็ก ทำให้เกิดการกระเจิงของแสงต่ำ ส่งผลให้ขวดพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตมีความใส

นอกจากนี้เส้นใยพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตสามารถนำไปใช้งานเป็นวัสดุเสริมแรงในการผลิตยานยนต์และเสริมแรงท่อพลาสติกอ่อนที่ใช้งานภายใต้แรงดัน ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลตยังสามารถนำไปทำบรรจุภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอาหารที่ปรุงโดยการต้มในถุงที่บรรจุได้เลย หรือใช้เป็นฟิล์มในการบรรจุของใช้ทางการแพทย์ที่สามารถสเตอร์ไลต์ได้ [3]

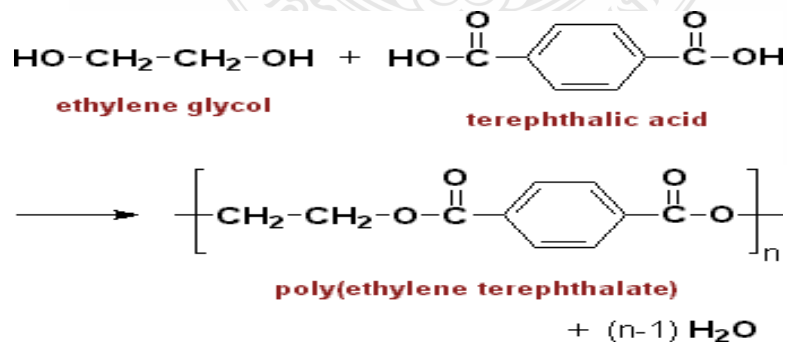
2.2.1 สมบัติของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลต

พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลต คือ พลาสติกที่จัดอยู่ในกลุ่มเทอร์โมพลาสติกที่สำคัญมากชนิดหนึ่ง ที่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง ผลิตภัณฑ์ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ฟิล์ม และรูปแบบของ

หีบห่อบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งใช้เทคนิคในการขึ้นรูปแบบทางเทอร์โมพลาสติก โดยมีโครงสร้างทางเคมีคือ



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลต [4]



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างทางเคมีของพอลิเอทิลีนเทอเรฟทาเลต [5]

คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์จากพอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตมีหลายแบบ จากที่เป็นโครงสร้างแบบผลึก (Crystalline) ซึ่งมีรูปร่างที่แน่นอน และแบบอสัณฐาน (Amorphous) ซึ่งมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน ความหลากหลายของโครงสร้างของพอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตทำให้สามารถปรับเปลี่ยนเกี่ยวกับโครงสร้างเหล่านี้ได้ ซึ่งจะส่งผลให้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลง คุณสมบัติทางเชิงกลดีเช่นเดียวกับความแข็งแรงสูง ความแข็งถูกปรับตามการจัดเรียงตัวของสายโซ่โมเลกุลที่เป็นระเบียบ และการตกผลึกของพอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตสามารถนำไปเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เป็นผลึกไปเป็นอสัณฐานได้ ซึ่งการจัดเรียงตัวไม่มีรูปร่างที่แน่นอนอย่างสมบูรณ์ การหล่อเย็นอย่างรวดเร็วทำให้สายโซ่โมเลกุลจัดเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ เกิดการพันกันของสายโซ่ (Entangled)

อุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว (T_g) คือปัจจัยสำคัญในการผลิตของผลิตภัณฑ์พอลิเอสเตอร์ (Polyester) และใช้สำหรับเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางความร้อน วัสดุที่มีการใช้งานที่อุณหภูมิเหนือกว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้ว จะแสดงลักษณะการมีความนิ่มและทำให้มีความยืดหยุ่นได้ และที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสถานะคล้ายแก้วสามารถนำไปขึ้นรูปเป็นเส้นใย หรือฟิล์ม สามารถเป่าขึ้นรูปได้ และสามารถนำไปขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดได้ ในโรงงานผลิตเส้นใยพอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลตจะถูกทำให้เกิดการตกผลึกซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความตึงเครียดที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลึกเกิดอย่างสมบูรณ์ อัตราของการตกผลึกสามารถดูได้จากอิทธิพลของน้ำหนักโมเลกุลโดยการรวมเข้าเป็นโคโมโนเมอร์ (Co-monomers) ในสายโซ่พอลิเมอร์ หรือโดยการเพิ่มของนิวเคลียสทำให้ใช้เวลาจลสำหรับการฉีดเข้าแม่พิมพ์สั้น

ในปี 1995 ทั่วโลกมีการใช้พอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต ประมาณ 16.5 ล้านตัน พอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต ถูกนำไปใช้ในทางเทคนิคกับเสียง และเทปวีดีโอ และในรูปแบบของหีบบรรจุภัณฑ์มากมาย ในปี 1995 ทางยุโรป ได้นำไปผลิตสำหรับบรรจุภัณฑ์น้ำดื่มเกลือแร่ เครื่องสำอาง ฟิล์มสำหรับรูปแบบของห่อ ฟิล์มสำหรับขึ้นรูปแบบเทอร์โมฟอร์มมิง (Thermoforming) และอื่นๆอีกด้วย

ข้อดีของ PET ได้แก่

- มีน้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับแก้ว มีลักษณะโปร่งแสง และมีความแวววาว
- มีคุณสมบัติป้องกันการซึมผ่านของก๊าซ โดยเฉพาะสำหรับก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
- มีคุณสมบัติทางกลที่ดี
- ทำให้แตกละเอียดต้องใช้แรงกระแทกความสูงถึง 2.5 เมตร
- มีคุณสมบัติต้านทานต่อสารเคมีที่ดีมาก
- ใช้กับอาหารได้โดยมีที่ยืนยันจาก (FDA/BGA)
- การรีไซเคิลทำได้ง่าย

ขวดพอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต เริ่มเข้ามามีบทบาทในวงการน้ำอัดลมของประเทศไทย เมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้ว และมีปริมาณการใช้เพิ่มสูงขึ้นทุกปี สาเหตุที่ทำให้ขวดพอลิเอทิลีนเทอแรพลาเลต

ได้รับความนิยมน้อยกว่าหลายชนิด เนื่องจากเป็นชนิดที่มีน้ำหนักเบา (Light Weight), มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซต่ำ (Low gas permeability), และ มีความต้านทานแรงกระแทกดี (Good impact strength) [4]

2.1.2 การผลิตขวดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต

การที่ขวดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต มีความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนต่ำนั้น เนื่องมาจากการจัดเรียงโมเลกุลแบบสองแนวแกน ซึ่งเป็นการจัดเรียงโมเลกุลทั้งแนวตั้งและแนวนอนคล้ายร่างแห และยังส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วย กระบวนการผลิตขวดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตนั้น เริ่มจากการนำเม็ดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 160 ถึง 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเม็ดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต และความชื้นที่มีอยู่ในเม็ดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลต หลังการอบแล้วเม็ดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตจะต้องมีความชื้นต่ำกว่า 0.0005% โดยน้ำหนัก จากนั้นเม็ดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตจะถูกส่งไปยังเครื่องฉีด (Injection Machine) และผลิตหลอดพรีฟอร์ม (Preform) ซึ่งจะถูกส่งเข้าเครื่องเป่า (Blowing Machine) เพื่อทำให้ร้อน และส่งเข้าสู่แม่พิมพ์ เพื่อผ่านขบวนการเป่าแล้วยืด (Stretch Blow) ด้วยลม ที่ความดันประมาณ 40 บาร์ ขวดที่อยู่ในแม่พิมพ์ จะถูกทำให้เย็นลงด้วยน้ำหล่อเย็น ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 8 องศาเซลเซียส จากนั้นขวดพอลิเอทิลีนเทอแรพธาเลตจะถูกส่งต่อมายังสายพานลำเลียง และส่งเข้าเครื่องจัดเรียงขวดบนแท่นรองรับ

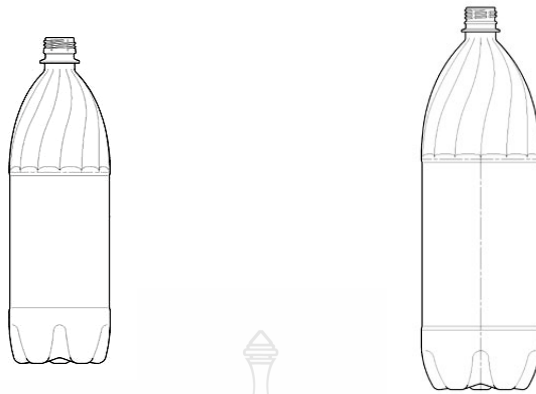
ขบวนการเป่า ถือเป็นขบวนการที่เป็นปัจจัยสำคัญของปัญหาการแตกที่ก้น ดังนั้นจึงต้องมีการปรับขบวนการเป่าให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ขวดที่มีการกระจายตัวของเนื้อพลาสติกสม่ำเสมอ ทั้งบริเวณลำตัว และก้นขวด [6]



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของหลอดพรีฟอร์ม [6]

ขวด PET ขนาด 1.25 ลิตร

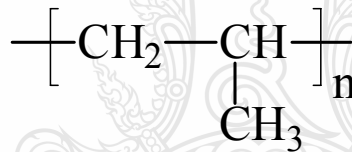
ขวด PET ขนาด 2 ลิตร



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของขวดน้ำอัดลมที่ผลิตจาก PET [6]

2.3 พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP)

พอลิโพรพิลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของพอลิโพรพิลีน [8]

เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1950 ได้มีความพยายามในการผลิตพอลิโพรพิลีนประเภทต่างๆเพื่อนำมาใช้ งานแต่ก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากได้เพียงวัสดุที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำๆที่ไม่มีคุณค่าทางการค้า จนกระทั่งปี ค.ศ. 1954 แนนตา (Giulio Natta) นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีคนผู้ซึ่งได้ติดตามผลงานของ ซีเกลอร์ชาวเยอรมัน พบว่าการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์สามารถผลิตพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง จากโพรพิลีนได้ จึงทำให้แนนตาสามารถผลิตพอลิโพรพิลีนน้ำหนักโมเลกุลสูงแบบต่างๆได้ โดยเฉพาะแบบที่เป็น “ไอโซแทกติกพอลิโพรพิลีน” ซึ่งมีลักษณะหลายอย่างคล้ายพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง แต่จะมีจุดอ่อนตัว ความแข็งแรงและความแข็งสูงกว่า ส่วน “อะแทกติกพอลิโพรพิลีน” จะเป็นพอลิเมอร์ออสันฐานที่มีความแข็งแรงน้อยกว่า

2.3.1 การสังเคราะห์พอลิโพรพิลีน

การสังเคราะห์พอลิโพรพิลีนโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์ จะคล้ายกับการสังเคราะห์

พอลิเอทิลีน โดยโมโนเมอร์ทั้งสองได้มาจากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เช่น แก๊สธรรมชาติ หรือน้ำมันเบา (Light oil) โดยส่วนที่เป็นโพรพิลีนและโพรเพน (C₃) สามารถแยกจากก๊าซอื่นๆได้ง่าย ด้วยวิธีการกลั่นลำดับส่วน แต่การแยกโพรพิลีนจากโพรเพนค่อนข้างยาก จึงต้องระมัดระวังในการออกแบบหอกลั่น การสังเคราะห์พอลิโพรพิลีนจำเป็นต้องกำจัดสารเจือปน เช่น น้ำ และ เมทิลอะเซทิลีนออกด้วย ความระมัดระวัง

กระบวนการของซีเกลอร์ ที่เนตตานำมาใช้สังเคราะห์พอลิโพรพิลีน จะใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เรียกว่า “ตัวเร่งปฏิกิริยาซีเกลอร์-แนตคา” ซึ่งได้จากปฏิกิริยาระหว่างทิตานเนียมไตรคลอไรด์กับอะลูมิเนียมไตรเอทิล หรืออะลูมิเนียมไตรบิลทิลหรืออะลูมิเนียมไดเอทิลโมโนคลอไรด์ในแนฟทาภายใต้บรรยากาศของไนโตรเจน เพื่อให้เกิดเป็นของเหลวข้นหนืดที่ประกอบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาประมาณ 10 % และ 90 % แนฟทา สมบัติของพอลิเมอร์จะขึ้นกับส่วนประกอบของตัวเร่งปฏิกิริยารวมทั้งขนาดและรูปร่างอีกด้วย พอลิโพรพิลีนจะถูกส่งผ่านเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ภายใต้ความดันโดยที่สารละลายของตัวเร่งปฏิกิริยากับสารเจือจาง (ปกติใช้น้ำมัน) จะใส่แยกกันและปฏิกิริยาจะดำเนินไปภายใต้อุณหภูมิประมาณ 60 °C เป็นเวลา 1-4 ชั่วโมง โดยปฏิกิริยาจะเปลี่ยนเป็นพอลิเมอร์ 80 - 85 % ปฏิกิริยาเกิดได้ดีที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของพอลิเมอร์และจะเป็นพอลิเมอร์ไรเซชันแบบแขวนลอย (Suspension polymerization) มากกว่าแบบสารละลาย (Solution polymerization)

น้ำหนักโมเลกุลของพอลิเมอร์ จะสามารถควบคุมได้หลายวิธี เช่น การใช้ไฮโดรเจนเป็นตัวขยายสายโซ่, การปรับแต่งสัดส่วนของตัวเร่งปฏิกิริยา, ปรับอุณหภูมิของปฏิกิริยา, ปรับความดันของโมโนเมอร์หรือความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นลงสารที่เหลืออยู่ในสภาวะคือ

- ไอโซแทกติกพอลิโพรพิลีน
- อะแทกติกพอลิโพรพิลีน
- ตัวทำละลาย
- โมโนเมอร์
- ตัวเร่งปฏิกิริยา

การแยกไอโซแทกติกพอลิโพรพิลีนออกจากส่วนผสมอื่นๆ ทำได้โดยผ่านของผสมไปยังแฟลชดรัม (Flash drum) เพื่อแยกโมโนเมอร์ที่เหลือจากปฏิกิริยา (แล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์เพื่อกลับมาใช้ใหม่) แล้วจึงผ่านไปยังเครื่องหมุนเหวี่ยงเพื่อกำจัดตัวทำละลาย และอะแทกติกพอลิโพรพิลีนที่ละลายอยู่ในแนฟทา โดยตัวเร่งปฏิกิริยาจะถูกทำให้ละลายด้วยเมทานอลผสมกรดไฮโดรคลอริกเล็กน้อย สารละลายเมทานอลจะถูกแยกจากพอลิเมอร์ด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงอีกครั้งหนึ่ง และพอลิเมอร์ที่ได้จะถูกล้างและทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 °C

2.3.2 สมบัติและลักษณะทั่วไปของพอลิโพรพิลีน

พอลิโพรพิลีนจะมีสมบัติที่คล้ายกับพอลิเอทิลีน โดยเฉพาะสมบัติด้านการละลายและสมบัติทางด้านไฟฟ้า แต่จากการที่มีหมู่เมทิลต่อสลับกันในสายโซ่โพลิเมอร์จึงทำให้สมบัติของ พอลิโพรพิลีนแตกต่างกันไปตามลักษณะการเกาะของหมู่เมทิล พอลิโพรพิลีนจัดเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีน้ำหนักเบาที่สุด จุดอ่อนของพอลิโพรพิลีนคือจะเปราะที่อุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 0 °C) ซึ่งจะแตกหักง่ายที่อุณหภูมิต่ำ มีความทนต่อแสงอัลตราไวโอเลตต่ำถ้านำไปใช้งานกลางแจ้งจะทำให้เกิดการเปราะ, แตกร้าวและสีซีดจางได้ง่าย ดังนั้นก่อนที่จะนำพอลิโพรพิลีนไปใช้งานจึงต้องมีการเติมสารแอนติออกซิแดนซ์ (Antioxidant), สารเพิ่มเสถียรภาพต่อแสงยูวี (UV stabilizer) และสารที่เพิ่มเสถียรภาพด้านอื่นๆ

พอลิโพรพิลีนมีความหนาแน่นอยู่ที่ 0.90 – 0.91 g/cm³ มีอุณหภูมิการหลอม (T_m) อยู่ที่ 165 – 171 °C พอลิโพรพิลีนมีสมบัติเชิงกลที่ดีมาก เช่น มีความทนต่อแรงดึงสูง มีความแข็งที่ดี จุดหลอมเหลวค่อนข้างสูง นอกจากนี้พอลิโพรพิลีนยังมีความต้านทานต่อสารเคมีที่ติดเยิ้ม ทนต่อไขมันและน้ำมันได้ดีเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ใสน้ำและออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้ มีความใสกว่าพอลิเอทิลีน

2.3.3 การนำไปใช้งานของพอลิโพรพิลีน

ในปี ค.ศ. 1988 มีการใช้พอลิโพรพิลีน ประมาณ 6.5 พันล้านปอนด์ พอลิโพรพิลีนใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายด้าน ซึ่งตลาดที่ใหญ่ของพอลิโพรพิลีนคือ เส้นใยและวัสดุทนไฟ งานก่อสร้างทั้งในร่มและกลางแจ้ง พรม สายกระเป๋า สนามหญ้าสังเคราะห์ และยังครอบคลุมถึงธุรกิจเสื้อผ้า เช่น ถุงนอน และวอลเปเปอร์ (Wallpaper) เป็นต้น

ตลาดใหญ่อันดับสองของพอลิโพรพิลีนคือฟิล์ม มีการใช้ฟิล์มที่จัดเรียงตัวในสองแนว (ฟิล์ม OPP) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในการทำฟิล์มบรรจุขนมคบเคี้ยว อาหารสัตว์แห้ง ลูกอม หมากฝรั่ง เป็นต้น ตลาดที่ใหญ่รองลงมาอีกคืองานบรรจุภัณฑ์ใช้ทำฝาปิดและกล่องบรรจุภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งจะมีการออกแบบให้ทนต่อสารเคมี ทนต่อการแตกหัก มีสีสวยงาม และให้เกิดผลผลิตสมบูรณ์ที่ราคาต่ำ นอกจากนี้พอลิโพรพิลีนโคพอลิเมอร์ใช้ทำส่วนประกอบของตู้เย็น เช่น ชั้นวาง กล่องเก็บของและฝาปิด พอลิโพรพิลีนสามารถใช้งานในวงการแพทย์ ซึ่งใช้แล้วทิ้ง เช่น หลอดฉีดยา และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อโรคแล้วจะไม่เปลี่ยนสีและไม่เปราะ ทนต่อการใช้อุณหภูมิสูงในการฆ่าเชื้อได้และไม่เสื่อมสภาพ

การใช้พอลิโพรพิลีนในงานฉีดขึ้นรูป (Injection molding) มีการนำโคพอลิเมอร์มาฉีดขึ้นรูปเป็นชิ้นส่วนรถยนต์ถึง 90 % โดยจะทำให้น้ำหนักและราคาลดลง พอลิโพรพิลีนมีการด้านการเก็บที่อุณหภูมิสูง มีความทนต่อแรงกระแทก ต้านทานการกัดกร่อน โดยทั่วไปถ้าต้องการความแข็งที่อุณหภูมิสูงจะมีการผสมเส้นใยเสริมแรงเข้าไป นอกจากนี้พอลิโพรพิลีนจะนิยมใช้ฉีดเป็นถังใส่ขวดของเด็กเล่น ฝาจุพลาสติก เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ในด้านงานเป่าถุงจะนิยมเป่าเป็นฟิล์มใสใช้ทำเป็นพลาสติกหุ้มซองบุหรี่ ซองใส่เสื้อยืด ถุงร้อน เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้ทำเป็นถังน้ำหรือภาชนะที่

ต้องการความทนทานสูง และยังมีการใช้ในงานสิ่งทอที่ต้องการความแข็งแรงสูงแต่ยืดตัวน้อย เช่น เชือกฟาง แห อวน เป็นต้น [7]

2.4 พอลิเมอร์เบลนด์ (Polymer blend)

การทำพอลิเมอร์ผสมเป็นวิธีการปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์ที่นิยมใช้กันมาก โดยการนำ พอลิเมอร์ 2 ชนิดซึ่งอยู่ในสถานะที่เป็นของไหลได้แก่ เป็นสารละลาย (Solution) หรือสารหลอมเหลว (Molten) มาผสมให้อยู่รวมเป็นเนื้อเดียวกัน (Blending) ได้เป็นพอลิเมอร์ผสมซึ่งมีสมบัติที่ดีของพอลิเมอร์แต่ละชนิดมารวมกัน แต่การผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันของพอลิเมอร์ต่างชนิดกันนั้น โดยธรรมชาติแล้วจะเป็นไปได้ยาก ดังนั้นพอลิเมอร์ผสมที่ได้จึงไม่เป็นสารละลายของแข็งที่แท้จริง และพบว่าเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งจะกระจายอยู่ในเนื้อหรือเมทริกซ์ที่ต่อเนื่อง (Continuous matrix) ของพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่ง ทั้งนี้การกระจายตัวดังกล่าวต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเป็นข้อบกพร่อง (Defects) ของผลิตภัณฑ์ และส่งผลให้สมบัติเชิงกลของพอลิเมอร์ผสมต่ำกว่าของพอลิเมอร์บริสุทธิ์ได้ ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงสภาพการเข้ากันได้ (Compatibility) ของพอลิเมอร์ที่นำมาผสมกันซึ่งบางชนิดสามารถเข้ากันได้ดี บางชนิดไม่สามารถเข้ากันได้เนื่องจากโครงสร้างสายโซ่ต่างกันจึงไม่สามารถกระจายตัวอย่างอิสระเกิดการแยกชั้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยทางพลังงาน (Energy factor) ที่ทำให้พอลิเมอร์ 2 ชนิดเข้ากันไม่ได้ นั่นคือพลังงานที่ใช้ในการผสมผสานโมเลกุลหรือสายโซ่ของพอลิเมอร์ เช่น การดูดกลืนพลังงานความร้อนของพอลิเมอร์แต่ละชนิดที่ต่างกัน [9]

2.4.1 กลไกสภาพเข้ากันได้ (Compatibility Mechanism)

พอลิเมอร์ผสมส่วนใหญ่จะให้สมบัติที่ค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะสมบัติเชิงกล ทั้งนี้เนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างผิวสัมผัสที่ต่ำและความเค้นสะสม (Stress concentration) จากดิสเพอร์สในเมทริกซ์ ดังนั้นเพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ในการผสม จึงนิยมใช้สารช่วยผสมหรือการทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีในระหว่างการผสม (In-situ chemical reaction) เพื่อปรับปรุงแรงดึงดูดระหว่างผิวสัมผัสของพอลิเมอร์ผสม เพื่อให้ได้โครงสร้างสัณฐานวิทยาและสมบัติของพอลิเมอร์ผสมที่เหมาะสม [10]

2.4.2 วิธีการผสมเพื่อความสามารถในการเข้ากันได้ (Method of Compatibilization)

เทคนิคที่ใช้ในการผสมเพื่อความสามารถในการเข้ากันได้ และทำให้ได้พอลิเมอร์ผสมที่มีสมบัติตามต้องการนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี โดยแต่ละวิธีอาจมีความเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตเป็นหลัก โดยจะพิจารณาจากต้นทุนเป็นสำคัญ เทคนิคเหล่านี้ คือ

- 1) การเติมบล็อกหรือกราฟต์โคพอลิเมอร์ (Addition of Block or Graft Copolymers)

การเติมบล็อกหรือกราฟต์โคพอลิเมอร์ เป็นเทคนิคหนึ่งที่ได้รับการนิยมนิยมในการผสม เพื่อเพิ่มความสามารถในการเข้ากันได้ บล็อกโคพอลิเมอร์จะได้รับความนิยมมากกว่ากราฟต์โคพอลิเมอร์ โดยเฉพาะบล็อกโคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยบล็อกของพอลิเมอร์ที่เหมือนกันกับ พอลิเมอร์แต่ละชนิดที่นำมาผสมกัน โดยโคพอลิเมอร์ที่ใช้ต้องมีโครงสร้างทางเคมี และน้ำหนักโมเลกุลที่เหมาะสมที่จะไปอยู่ระหว่างเฟสของพอลิเมอร์แต่ละชนิด โครงสร้างทางเคมีและน้ำหนักโมเลกุลของโคพอลิเมอร์ จะมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการเป็นสารช่วยผสม จากการตรวจสอบประสิทธิภาพของสารช่วยผสม โดยการทดสอบสมบัติความทนแรงดึงสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

- บล็อกโคพอลิเมอร์มีประสิทธิภาพมากกว่ากราฟต์โคพอลิเมอร์
- ไคบล็อกโคพอลิเมอร์มีประสิทธิภาพมากกว่าไตรบล็อกโคพอลิเมอร์
- ไคบล็อกโคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยบล็อกที่มีความยาวลดหลั่นลงมามีประสิทธิภาพ

สูง

2) ไคบล็อกโคพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยบล็อกที่มีความยาวเท่ากัน

การเติมพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันหรือส่วนที่ว่องไวต่อการทำปฏิกิริยา (Addition of unfunctional/Reactive Polymers) การเติมพอลิเมอร์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเพื่อทำหน้าที่เป็นสารช่วยผสม บ่อยครั้งเป็นการนำพอลิเมอร์ชนิดใดชนิดหนึ่งที่จะทำการผสมมาดัดแปลงให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือส่วนที่ว่องไวต่อปฏิกิริยา โดยหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวต้องสามารถเกิดปฏิกิริยาหรือมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล เช่น พันธะไฮโดรเจนกับพอลิเมอร์ชนิดที่สองได้ กระบวนการดัดแปลงพอลิเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันสามารถทำได้ในเครื่องปฏิกรณ์หรือโดยผ่านกระบวนการอัดรีด ตัวอย่างเช่น มาเลอิกแอนไฮไดรด์ที่กราฟต์บนสายโซ่ของพอลิโอฟีน โดยหมู่คาร์บอกซิลิกของมาเลอิกแอนไฮไดรด์มีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับหมู่อะมิโนของพอลิเอไมด์ได้ ทั้งนี้พอลิโอฟีนกราฟต์มาเลอิกแอนไฮไดรด์จัดเป็นสารช่วยผสมที่ได้รับความนิยมในทางการค้าและมีราคาไม่แพงนัก

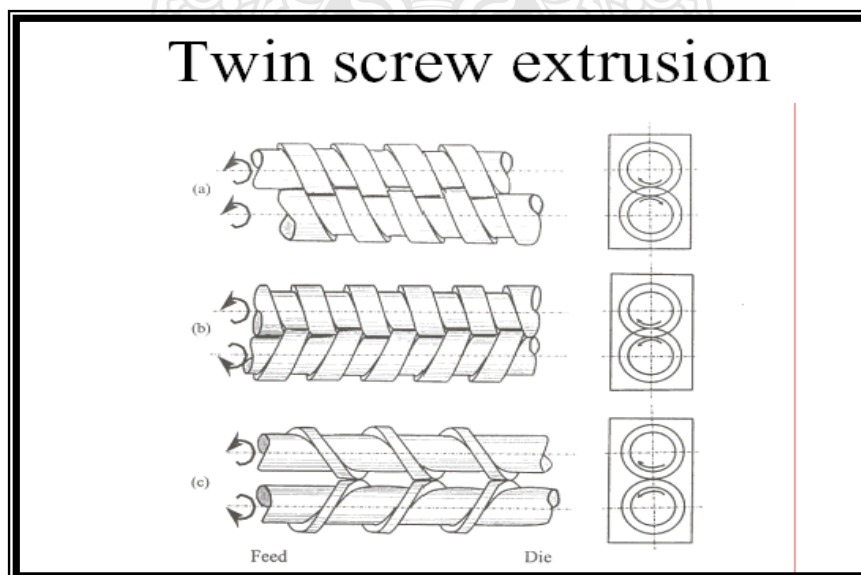
3) การทำให้เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ไรเซชันในระหว่างการผสม (In-situ Grafting Polymerization)

การทำให้เกิดปฏิกิริยากราฟต์โคพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์ไรเซชันในระหว่างการผสม (Reactive blending) เป็นวิธีใหม่ที่ใช้ในการผสมพอลิเมอร์ให้เข้ากันได้ โดยต่างจากวิธีอื่นๆ คือ องค์ประกอบที่ทำการผสมจะถูกนำมาดัดแปลงเพื่อให้สามารถเกิดปฏิกิริยากับพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งได้ โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารช่วยผสม ตัวอย่างเช่น การผสมระหว่างพอลิคาร์บอนเนตกับพอลิเอสเทอร์ แม้ว่าในบางครั้งการผสมแบบไม่ต่อเนื่องสามารถนำมาใช้กับการผสมแบบนี้ได้ แต่การใช้กระบวนการผสมแบบต่อเนื่อง เช่น การอัดรีดแบบสกรูเดี่ยว (Single-screw extruder) และการอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin-screw extruder) ก็ได้รับความนิยมเช่นกัน เพราะกระบวนการดังกล่าวสามารถควบคุมอุณหภูมิ และสิ่งที่ไม่ต้องการจากการดำเนินไปของปฏิกิริยาได้ดีกว่า กลไกในการเกิดปฏิกิริยาในการผสม อาจมีได้ดังนี้ [11]

- เกิดกราฟต์หรือบล็อกโคพอลิเมอร์ จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างหมู่ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีในพอลิเมอร์ ซึ่งอาจกระตุ้นได้โดยการเติมตัวริเริ่ม (Initiator) ในระหว่างการผสม
- เกิดบล็อกโคพอลิเมอร์จากปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยน (Interchange reaction) ที่สายโซ่โมเลกุลหลักของพอลิเมอร์แต่ละชนิดที่นำมาผสมกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดกับพอลิเมอร์ชนิดควบแน่น
- เกิดการขาดและรวมกันใหม่ของแต่ละโมเลกุล เพื่อสร้างบล็อกหรือกราฟต์โคพอลิเมอร์โดยกระบวนการดังกล่าวจะเกิดภายใต้ภาวะที่แรงเฉือนสูง
- ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาโดยการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst)

2.5 เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ (Twin screw extruder)

เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่เป็นเครื่องอัดรีดที่มีสกรูสองตัวอยู่ในกระบอกล็อกเดียวกัน ซึ่งมีภาพตัดขวางเป็นรูปเลขแปด เครื่องอัดรีดที่มีสกรูคู่มีหลายชนิด จะแบ่งชนิดตามทิศทางการหมุน และระดับอินเทอร์เมท (Intermeshing) ซึ่งหมายถึงการหมุนของสกรูในลักษณะที่สัมผัสกันของสกรูตัวหนึ่งแทรกตัวอยู่ในร่องเกลียวของสกรูอีกตัวหนึ่ง ทิศทางการหมุนของสกรูของเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ สามารถหมุนได้สองแบบ คือหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน หรือหมุนสวนทางกัน (Counterrotating) และการหมุนในทิศทางเดียวกัน (Co-rotating) ส่วนระดับของอินเทอร์เมทของการหมุนของสกรู แบ่งออกเป็น การอินเทอร์เมทเต็ม (Fully intermeshing) การอินเทอร์เมทบางส่วน (Partially intermeshing) และการหมุนแบบไม่อินเทอร์เมท [1] ตัวอย่างลักษณะการหมุนแบบแตกต่างของสกรูแสดงดังรูปที่ 2.6

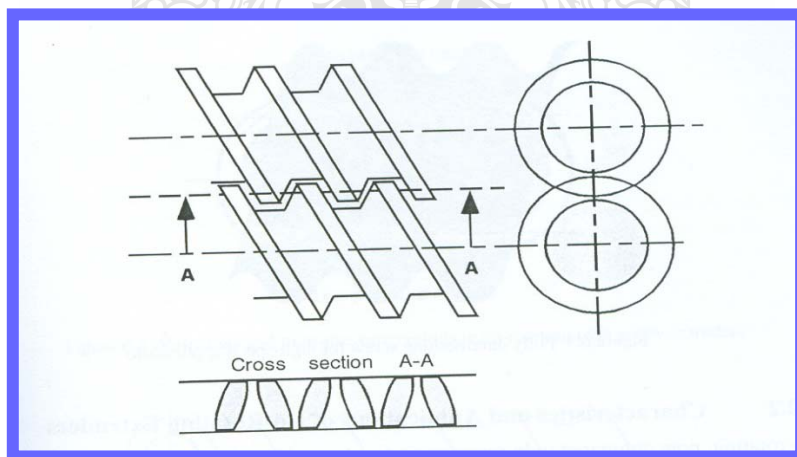


รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของเครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ชนิดต่างๆ [12]

- (a) ชนิดสกรูหมุนในทิศทางเดียวกันและมีการอินเทอร์เมท (Co-rotating Intermeshing Elements)
- (b) ชนิดสกรูหมุนสวนทางกันและมีการอินเทอร์เมท (Counter-rotating Intermeshing Elements)
- (c) ชนิดสกรูหมุนสวนทางกันและไม่มีการอินเทอร์เมท (Co-rotating non-intermeshing Elements)

การหมุนของสกรูในทิศทางที่สวนทางกัน ทำให้วัสดุถูกดันให้ผ่านเข้าสู่ศูนย์กลางการหมุน ทำให้เกิดการสะสมวัสดุ (Bank) ระหว่างสกรูทั้งสอง คล้ายกับการผสมด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง (Two-roll mill) ในขณะที่การหมุนจะมีวัสดุจำนวนหนึ่งไหลผ่านเข้ากลางระหว่างสกรูทั้งสองได้ แต่จะมีส่วนหนึ่งถูกกักเอาไว้เนื่องจากการอินเทอร์เมท วัสดุที่ผ่านช่องว่างจะมีความเค้นสูงมาก การปรับระดับการอินเทอร์เมทหรือระยะระหว่างสกรูทั้งสอง จะเป็นกำหนดระดับความเค้นของวัสดุ กล่าวคือถ้าสกรูใกล้กันมาก วัสดุจะมีความเค้นสูง และทำให้เกิดการสะสมวัสดุปริมาณมากสะสมระหว่างสกรูทั้งสอง การเคลื่อนที่ของวัสดุไปข้างหน้าเนื่องจากการหมุนของสกรู ทำให้เกิดการส่งผ่านพลาสติกเข้าหัวตาย

การหมุนของสกรูในทิศทางเดียว สกรูจะหมุนให้วัสดุเคลื่อนที่จากสกรูตัวแรกไปยังสกรูตัวที่สอง โดยไม่มีการเกิดการสะสมวัสดุที่ระหว่างสกรูทั้งสองตัว ทำให้สกรูไหลเป็นลักษณะเป็นรูปเลขแปดตลอดความยาวของสกรู ซึ่งข้อดีของการไหลในสกรูชนิดนี้ คือ พอลิเมอร์ในกระบอกจะได้รับความเค้นใกล้เคียงกัน และควบคุมอุณหภูมิของพอลิเมอร์หลอมได้ดี นอกจากนี้สามารถออกแบบให้สกรูทำความสะอาดตัวเองได้ดีกว่า (Self-wiping) ซึ่งนอกจากจะทำให้สกรูทำความสะอาดตัวเองได้แล้ว สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ จะทำให้ควบคุมการกระจายตัวของเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องอัดรีด (Residence time distribution) ได้ดีกว่าสกรูแบบอื่นๆ ตัวอย่างของสกรูที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้แสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงสกรูที่หมุนในทิศทางเดียวกันและสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ [14]



รูปที่ 2.8 รูปแบบของสกรูที่ออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน [13]

เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ มักจะประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปพลาสติกใน 2 ลักษณะ ดังนี้ คือ [3]

1. ใช้ในการแปรรูปพอลิเมอร์ที่แปรรูปยาก

พอลิเมอร์บางกลุ่มไหลยากในขณะหลอม หรือเสื่อมสภาพได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง ตัวอย่าง เช่น PVC จำเป็นต้องใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ชนิดสกรูหมุนสวนทางกันและมีการอินเทอร์เมท เนื่องจากมีความสามารถในการดันพลาสติกหลอมได้เร็ว จึงทำให้มีช่วงเวลาที่วัสดุอยู่ภายในกระบอกรีด และหัวดายสั้นมาก และวัสดุคงเหลือในกระบอกรีดน้อยมาก เนื่องจากสามารถทำความสะอาดตัวอย่าง (Wiping) ได้ พอลิเมอร์บางลักษณะ เช่น ผงพลาสติก และยาง ป้อนเข้าเครื่องอัดรีดได้ยาก การใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ที่มีสกรูหมุนสวนทางกันทำให้สามารถแปรรูปพอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ได้

2. ใช้ในกระบวนการแปรรูปแบบพิเศษชนิดต่างๆ

ใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ ในการผสมหรือคอมปาวด์ (Compound) พลาสติก กล่าวคือ การผสมพลาสติกกับสารเติมแต่งชนิดต่างๆ เช่น สารตัวเติมและสี เป็นต้น นอกจากนี้การอัดรีดที่มีก๊าซเกิดขึ้นในขณะทำการแปรรูป นิยมใช้เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่ในการดึงเอาก๊าซออกจากระบบ

เครื่องอัดรีดแบบสกรูคู่มีคุณสมบัติดีกว่าเครื่องอัดรีดแบบสกรูเดี่ยวหลายประการ สรุปได้ดังนี้

- ให้ผลผลิตสูงกว่าที่อัตราเร็วของการหมุนสกรูที่เท่ากัน
- สามารถปรับปรุงลักษณะการส่งพลาสติกหลอมเข้าสู่หัวดาย ได้หลายรูปแบบ
- สามารถลดการเกิดความร้อนเนื่องจากการไหลหนืดได้
- สามารถใช้กับพอลิเมอร์ที่แปรรูปยากและมีความยุ่งยากในการป้อน
- ใช้พลังงานในการเดินเครื่องน้อยกว่า