บทที่ 4
กระบวนการผลิตโพลีเอททิลีน

ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตโพลีเอททิลีนเพื่อใช้เป็นกระบวนการสำหรับศึกษาระบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งพารามิเตอร์ที่ต้องการศึกษาคือ อัตราการไหลของพอลิเมอร์ หัวข้อ 4.1 จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตโพลีเอททิลีนอย่างย่อ หัวข้อ 4.2 กล่าวถึงดัชนีที่ใช้เป็นตัวแปรในการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์

4.1 กระบวนการผลิตโพลีเอททิลีน

กระบวนการผลิตโพลีเอททิลีนจะแบ่งเป็น 5 ส่วนหลักๆ ดังนี้คือ (ดังรูปที่ 4.1)

(1) ส่วนการเตรียมและการส่งจ่ายสารเร่งปฏิกิริยา (preparation and feeding catalyst section)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการเตรียมความเข้มข้นและส่งจ่ายสารเร่งปฏิกิริยาไปยังเครื่องปฏิกรณ์ในส่วนทำปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน

(2) ส่วนทำปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization section)

หน้าที่ของส่วนนี้คือนำก๊าซเอททิลีน (ethylene) มาทำปฏิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันให้เกิดเป็นพอลิเมอร์โดยใช้ตัวเร่งปฏิริยาและใช้ โคโมโนเมอร์ (co- monomer) ร่วมด้วยในการควบคุมความหนาแน่นของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาคือ โพลีเอททิลีน (polyethylene) กระบวนการนี้เป็นกระบวนการผลิตแบบ กระบวนการสารละลาย (slurry process) นั้นคือ โพลีเอททิลีน ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาจะเป็นอนุภาคของแข็งซึ่งแขวนลอยอยู่ในตัวทำละลายเฮกเซน (hexane) ที่มีสถานะเป็นของเหลวภายใต้ความดันต่ำ (ต่ำกว่า 10 kg/cm^2g) ซึ่งเรียกโพลีเอททิลีนในตัวทำละลายเฮกเซนในสถานะนี้ว่า สารละลายโพลีเอททิลีน (polyethylene slurry) กระบวนการนี้เป็นการผลิตแบบต่อเนื่องโดยมีการทำปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบกวนต่อเนื่อง (continuous stired tank) และเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

(3) ส่วนการแยกและการทำให้แห้ง (separation and drying section)

สารละลายโพลีเอททิลีน (polyethylene slurry) จะถูกจ่ายอย่างต่อเนื่องสู่เครื่องเหวี่ยงแยก (centrifuge) ซึ่งหมุนด้วยความเร็วรอบสูงจนเกิดแรงเหวี่ยงที่เรียกว่าแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (centrifuge force) จะสามารถเหวี่ยงแยกสารละลายโพลีเอททิลีน (polyethylene slurry) ออกเป็น polyethylene – cake และเฮกเซน cake จากการเหวี่ยงแยกยังคงมีปริมาณของเฮกเซนปนอยู่จำนวนหนึ่งซึ่งจะถูกส่งไปที่เครื่องอบแห้ง

(rotary dryer) โดยจะมีไนโตรเจนร้อน (hot nitrogen) ไหลสวนทางกับ cake เพื่อทำให้เฮกเซนใน cake เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอผสมอยู่ในเฟสก๊าซของไนโตรเจนร้อน ส่วน cake ที่ออกจากเครื่องอบแห้งจะมีปริมาณของเฮกเซนผสมอยู่น้อยมากโดยจะมีลักษณะเป็นผงแป้ง ซึ่งจะเรียกว่า ผงโพลีเอททิลีน (PE-powder) และผงโพลีเอททิลีน (PE-powder) จะถูกส่งจ่ายไปที่ส่วนการตัดเม็ด (pelletizing section) ส่วนเฮกเซนที่ออกจากเครื่องเหวี่ยงแยกจะมีพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight polymer) จำนวนหนึ่งปนอยู่เป็นสารละลายแขวนลอยและไม่สามารถแยกให้สมบูรณ์ได้ด้วยเครื่องเหวี่ยงแยกนั้นจะถูกส่งไปที่ส่วนนำสารละลายกลับไปใช้ใหม่ (hexane recovery section)

(4) ส่วนการตัดเม็ด (pelletizing section)

ผงโพลีเอททิลีน(PE-powder)จากเครื่องอบแห้งจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องผสม (homogenizer) เพื่อนำไปผสมกับสารเติมแต่ง (stabilizer) เพื่อเพิ่มคุณสมบัติบางอย่างของพอลิเมอร์ให้ดีขึ้น โดยจะมีการผสมให้เป็นเนื้อเดียวก่อนที่จะส่งไปสู่ระบบเครื่องตัดเม็ด (pelletizer) ซึ่งจะทำหน้าที่ในการหลอมผงพอลิเมอร์ (PE-powder) ที่มีสารเติมแต่งผสมอยู่ ด้วยความร้อนและอัดป้อนพอลิเมอร์เหลวไปยังชุด die plate ซึ่งทำจากโลหะพิเศษเจาะรูซึ่งลักษณะพอลิเมอร์จะกลายเป็นเส้นและจะถูกตัดด้วยใบมีดซึ่งหมุนด้วยความเร็วสูงโดยการตัดจะเกิดขึ้นภายใต้น้ำหล่อเย็น ดังนั้นลักษณะพอลิเมอร์ที่ออกมาจะคล้ายทรงกระบอกสั้นๆขนาดเล็ก ซึ่งเรียกว่า pellet หรือเม็ดพลาสติกนั่นเอง เม็ดพลาสติกก็จะถูกส่งไปเก็บที่ silo และส่งไปบรรจุใส่ถุงต่อไป

(5) ส่วนนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (hexane recovery section)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการนำเฮกเซน (hexane) ที่มีพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลต่ำแขวนลอยอยู่ (low molecular weight polymer) ซึ่งถูกส่งมาจากเครื่องเหวี่ยงแยก มาทำการแยกเอาเฮกเซนออกจากพอลิเมอร์น้ำหนักโมเลกุลต่ำโดยใช้หอกลั่นและเฮกเซนจะถูกทำให้บริสุทธิ์โดยการกลั่นแล้วจึงนำกลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตต่อไป

4.2 ดัชนีที่ใช้เป็นตัวแปรในการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์

ในการควบคุมกระบวนการผลิต (process control) หัวใจของการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตอยู่ที่ส่วนทำปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชัน คือการควบคุมให้ระบบสามารถผลิตพอลิเมอร์ให้มีคุณสมบัติได้ตามที่ต้องการตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์แต่ละเกรด เช่นค่า ความสามารถในการขึ้นรูป(processability) , ความแข็ง(rigidity) , ความทนต่อแรงกระแทก (impact strength) , ความทนต่อแรงดึง (tensile strength) เป็นต้น การตรวจสอบคุณสมบัติของพอลิเมอร์ให้ครบถ้วนนั้นใช้เวลานานและคุณสมบัติบางอย่างอาจใช้เวลาตรวจสอบนานหลายชั่วโมงจึงจะทราบผล ฉนั้นในการปฏิบัติงานจริง การที่จะทราบว่าการควบคุมกระบวนการ

ผลิตนั้นมีประสิทธิภาพดีเพียงไร จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะรอผลของการตรวจสอบคุณสมบัติของพอลิเมอร์ เพราะใช้เวลานานมากดังได้กล่าวมาแล้ว จึงจำเป็นต้องมีดัชนีบางอย่างที่สามารถเป็นตัวแทนครอบคลุมคุณสมบัติของพอลิเมอร์ได้ ซึ่งต้องเป็นดัชนีที่สะดวกและรวดเร็วในการตรวจสอบ และต้องง่ายต่อการควบคุมกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพในการผลิตพอลิเมอร์โดยให้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานของแต่ละเกรดที่กำลังผลิตอยู่ในขณะนั้น นอกจากนี้ยังต้องเป็นดัชนีที่สามารถทำให้มองเห็นภาพรวมได้ว่า ในขณะนั้นกระบวนการผลิตมีการเบี่ยงเบนไปจากปกติหรือที่ต้องการหรือไม่อย่างไร

ดัชนีที่กล่าวถึงในที่นี้คือพารามิเตอร์ควบคุมคุณภาพ (quality parameters) โดยมีอยู่ 3 พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

(1) อัตราการไหลของพอลิเมอร์ (melt flow rate index,MFR)

คือการวัดปริมาณการไหลของพอลิเมอร์ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ภายใน 10 นาที พารามิเตอร์ในการปรับกระบวนการผลิต (condition parameter) ที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของพอลิเมอร์(MI) คือ ค่าอัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนและเอทธิลีนในสถานะก๊าซ (H_2/C_2 molar ratio) ในเครื่องปฏิกรณ์ คือ H_2/C_2 molar ratio สูงขึ้นค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ก็จะมีค่าสูงขึ้น

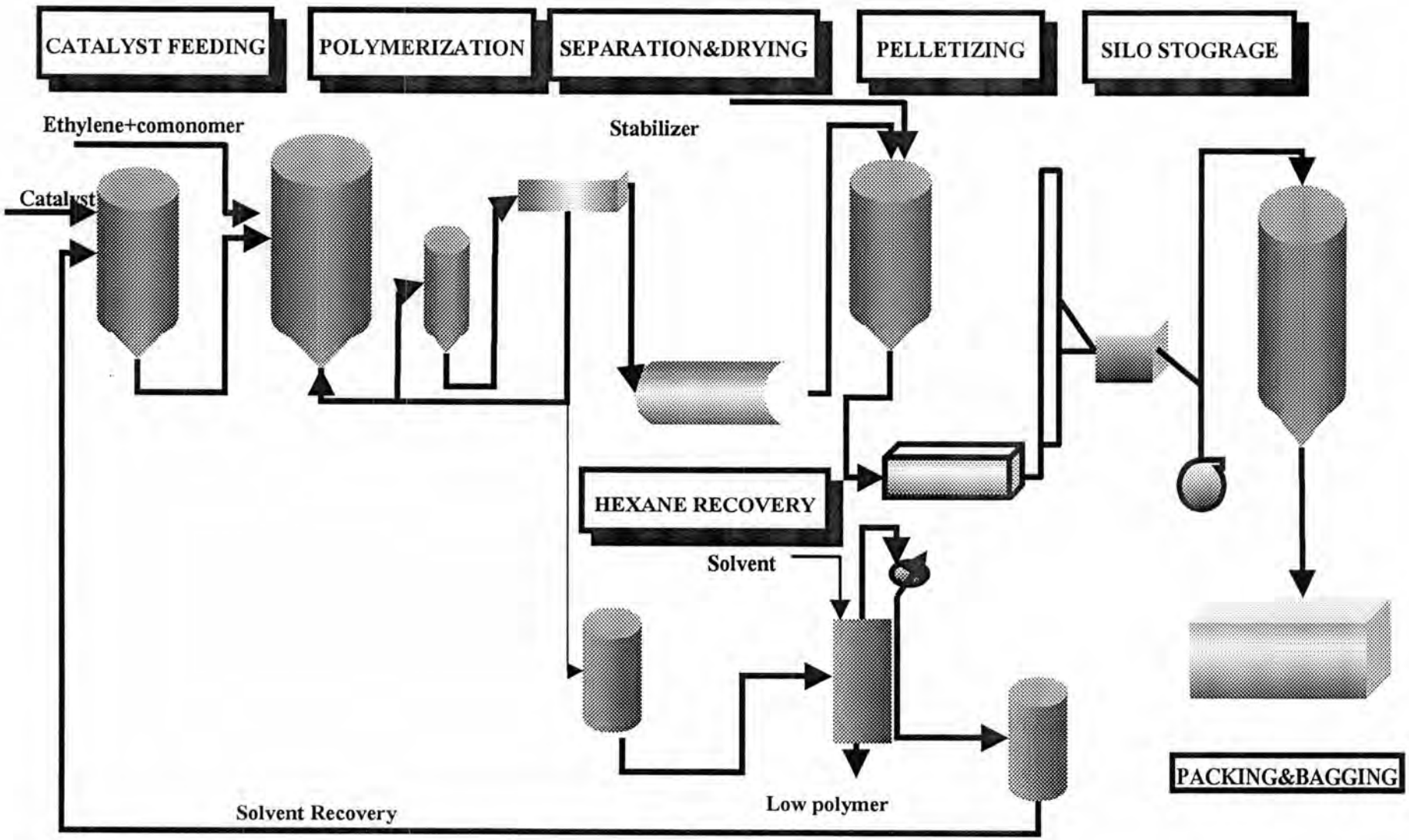
(2) ความหนาแน่นของพอลิเมอร์ (density)

คือการวัดความหนาแน่นของพอลิเมอร์ โดยพารามิเตอร์ในการปรับกระบวนการผลิต (condition parameter) ที่ใช้ควบคุมความหนาแน่นโดยตรงคือปริมาณของโคโมโนเมอร์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา โดยความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาณโคโมโนเมอร์คือ ปริมาณของโคโมโนเมอร์ที่ป้อนเข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์สูงขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของพอลิเมอร์จะต่ำลง

(3) การกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล (molecular weight distribution ,MWD)

คือการตรวจสอบว่าพอลิเมอร์มีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลเป็นช่วงที่กว้างมากน้อยเพียงไร โดยใช้ดัชนีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล โดยพารามิเตอร์ในการปรับกระบวนการผลิต (condition parameter) ที่ใช้ควบคุมการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลคือ H2/C2 molar ratio นั้นคือ ถ้าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ (MI) สูงขึ้น ค่าการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล (MWD) จะมีค่าสูงขึ้นด้วย

ดังนั้นดัชนีที่สนใจสำหรับงานวิจัยนี้คือค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ (MFR) และค่าความหนาแน่น ซึ่งเป็นดัชนีหนึ่งในการควบคุมคุณสมบัติของพอลิเมอร์ให้ตามมาตรฐานที่ต้องการ โดยจะทำนายค่าอัตราการไหลของพอลิเมอร์ในเครื่องปฏิกรณ์,อัตราการไหลของพอลิเมอร์และความหนาแน่นหลังจากออกจากเครื่องตัดเม็ดในรูปของเม็ดพลาสติก



รูปที่ 4.1 แสดงกระบวนการผลิตโพลีเอททิลีน