



บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 พลาสติก (1, 2)

คำว่าพลาสติก มีผู้ทรงคุณวุฒิให้ความหมายแตกต่างกันออกไป อาทิ วัสดุที่สามารถขึ้นรูปได้โดยใช้แบบแม่พิมพ์ วัสดุที่เปลี่ยนรูปร่างไปเมื่อมีอุณหภูมิสูง เป็นต้น ปัจจุบันได้ให้ความหมายรวมไปถึง วัสดุที่เกิดจากการสังเคราะห์วัสดุอินทรีย์โดยใช้ความร้อน และสามารถทำให้มีรูปร่างต่าง ๆ ภายใต้อุณหภูมิสูง

สมาคมวิศวกรพลาสติกและสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้คำจำกัดความของพลาสติกดังนี้ พลาสติกคือ วัสดุประกอบด้วยสารหลายอย่าง มีน้ำหนักโมเลกุลสูง คงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิต ลักษณะอ่อนตัวขณะทำการผลิต ซึ่งโดยมากใช้กรรมวิธีการผลิตด้วยความร้อน หรือแรงอัด หรือใช้ทั้งสองอย่างก็ได้ (1)

พลาสติก คือ สารสังเคราะห์ประกอบด้วยธาตุสำคัญ ได้แก่ คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน คลอรีน สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ เป็นต้น โดยมีอัตราส่วนของแต่ละธาตุเล็กน้อยแตกต่างกัน ไปขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของพลาสติก พลาสติกคือสารสังเคราะห์พวกโพลีเมอร์ ซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้คล้ายยาง พลาสติกต่างชนิดกันย่อมประกอบด้วยโพลีเมอร์ต่างกั นำมาใช้แทนแก้ว ไม้ และโลหะในการผลิตผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้แล้วพลาสติกสามารถใช้เคลือบวัสดุ และทำเป็นเส้นใยในการประสานงานให้ติดกันได้เป็นอย่างดี (2)

โรนาลดี ดี เบค ให้ความหมายของพลาสติกว่า พลาสติกเป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากโมเลกุลต่าง ๆ โดยมีการจัดเรียงเป็นระเบียบมารวมกัน หรือต่อเนื่องกันเป็นลูกโซ่จนได้โมเลกุลขนาดใหญ่ คุณสมบัติของพลาสติกส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับขนาดของโมเลกุล และการจัดเรียงของอะตอมภายในโมเลกุล (2)

2.1.1 แหล่งกำเนิดของพลาสติก (1)

พลาสติกมีแหล่งกำเนิดจาก 5 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

1. ผลผลิตทางการเกษตร เช่น เซลแลก (shellac) เซลลูโลสอะซิเตท (cellulose acetate) เซลลูโลสไนเตรท (cellulose nitrate) เป็นต้น

2. ผลิตผลจากน้ำมันและถ่านหิน เช่น ไนลอน (nylon) อีพอกซี (epoxy) โพลีเอสเตอร์ (polyester) อะคริลิก (acrylic) เป็นต้น
3. ผลิตผลทางเกษตรและน้ำมัน เช่น ฟูราน (furan) เป็นต้น
4. ผลิตผลจากน้ำมันและสินแร่ เช่น ซิลิโคน (silicone) โพลีไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ (polyvinyl alcohol) เป็นต้น
5. ผลิตผลจากสินแร่ เช่น แคลเซียม-อลูมิเนียม ซิลิเกต (calcium-aluminium silicate)

2.1.2 คุณสมบัติทั่วไปของพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุที่มีความสำคัญและมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของคนเรามาก เพราะสามารถใช้แทนวัสดุอื่น และมีคุณสมบัติพิเศษดีกว่าวัสดุที่ใช้แทนอีกด้วย ตัวอย่างเช่น มีความแข็ง อ่อนนุ่ม ใส เบา ทึบ ยืดตัวได้ เหนียวทนทาน ทนความร้อน ทนต่อการสึกหรอ ทนต่อการกัดกร่อน เป็นฉนวนไฟฟ้า ทนต่อสารเคมี ไม่ติดไฟง่าย หลอมขึ้นในตัวเอง กันน้ำ และทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ พลาสติกมีคุณสมบัติทางโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า high molecular weight คือ ในหนึ่งโมเลกุลมีจำนวนอะตอมมากกว่าสารชนิดอื่นมากมาย จึงทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติที่ดีหลายอย่างพร้อมกันในตัวเอง คือ

1. คุณสมบัติทางเคมี เช่น สามารถทนกรด ต่าง และสารเคมีอื่น ๆ เป็นต้น
2. คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น มีความแข็งแรง เหนียว และยืดหยุ่น เป็นต้น
3. คุณสมบัติทางไฟฟ้า เช่น เป็นฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น

2.1.3 ประเภทของพลาสติก

ประเภทของพลาสติกจัดแบ่งกว้าง ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. พลาสติกคงรูป หรือ เทอร์โมเซตติ้ง (thermosetting)
2. พลาสติกเปลี่ยนรูป หรือ เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic)

2.1.3.1 พลาสติกคงรูป

พลาสติกประเภทนี้มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีดีมาก คือ ทนความร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี เมื่อผ่านการผลิตโดยใช้ความร้อนและแรงอัดแล้วจะนำกลับไปหลอมละลายอีกไม่ได้ โครงสร้างทางเคมีเปลี่ยนไป และมีโมเลกุลไม่เป็นระเบียบ ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจน ที่เกาะกันในลักษณะยุ่ง ไม่มีหลักเกณฑ์ การเกาะกันอย่างนี้ส่งผลทำให้เนื้อพลาสติกแข็ง ถูกความร้อนก็ไม่อ่อนตัว ไม่ละลายในสารละลายใด ๆ ติดไฟยาก พลาสติกเหล่านี้ได้แก่ เอพอกซี ยูรีเทน ฟีนอลิก และซิลิโคน เป็นต้น

2.1.3.2 พลาสติกเปลี่ยนรูป

เป็นพลาสติกที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในขณะหลอม จะไม่แข็งตัวตามแรงอัดและความร้อน แต่จะแข็งตัวคงรูปในขณะที่ทำให้เย็นตัว และสามารถนำไปหลอมละลายใช้ใหม่ได้อีกโดยการใช้ความร้อน พลาสติกประเภทนี้มีโมเลกุลลักษณะยาวเป็นเส้นตรงกล่าวคือ อะตอมของธาตุต่าง ๆ เกาะกันเป็นแนวยาว ทำให้มีความเค้น แรงดึงสูง มีความเหนียว เมื่อทำเป็นเส้นด้ายจะไม่ขาดง่าย แต่พลาสติกประเภทนี้ทนอุณหภูมิต่ำไม่ควรใช้งาน ณ อุณหภูมิสูงกว่า 80 °C เพราะจะอ่อนตัวมาก พลาสติกชนิดนี้ได้แก่ โพลีสไตรีน (polystyrene) โพลีเอทิลีน (polyethylene) โพลีโพรพิลีน (polypropylene) ไวนิลเรซิน (vinyl resin) ไนลอน (nylon) อะคริลิควเรซิน (acrylic resin) เป็นต้น

2.1.4 โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene)

โพลีเมอร์ชนิดนี้อาจเรียกอีกอย่างว่า โพลีเอทิลีนแบบมีสาขาไซ (branched polyethylene) เพราะโครงสร้างประกอบด้วยโซ่ยาวของ $-CH_2-$ ที่แตกกิ่งก้านสาขาออกไป หรืออาจเรียกเป็น โพลีเอทิลีนชนิดความดันสูง (high pressure polyethylene) เพราะกระบวนการผลิตกระทำภายใต้ความดันสูง โพลีเมอร์ชนิดนี้เตรียมขึ้นเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1933 โดยฟาเซตต์ และยิบสัน (Fawcett and Gibson) ซึ่งขณะนั้นทำงานให้กับ Imperial Chemical Industries Ltd., (ICI) ประเทศอังกฤษ (3) คือ เขาทั้งสองได้ทำงานวิจัยศึกษาผลของการใช้ความดันสูงที่มีต่อปฏิกิริยาบางชนิด แล้วได้ค้นพบโพลีเอทิลีนโดยบังเอิญขณะ

ศึกษาปฏิกิริยาระหว่างเอทิลีนและเบนซิลไดไฮด์ ($\phi-\dot{C}-H$) ภายใต้ความดันหลายพันบรรยากาศ ต่อมาในปี ค.ศ. 1939 ได้ผลิตขึ้นในเชิงการค้า

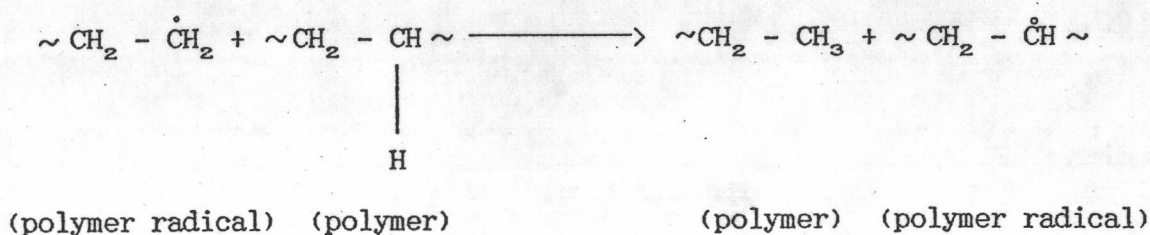
ในระยะต่อมาได้มีนักวิทยาศาสตร์ค้นพบวิธีการเตรียมโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำได้หลายวิธี โดยแต่ละวิธีต้องใช้ความดันสูงมาก ๆ เช่น 1000-3000 บรรยากาศ และอุณหภูมิ ตั้งแต่ 80-300 °C มีฟรีแรดิคัลเป็นตัวเร่งซึ่งทั่วไปจะเป็นก๊าซออกซิเจน ที่มีปะปนอยู่แล้วในปริมาณเพียงเล็กน้อย หรือเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ (benzoyl peroxide) หรือเอโซบิส-ไอโซบิวทิโรไนไตรล์ (azobisisobutyronitrile) ปฏิกิริยาโพลีเมอไรเซชันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งคายความร้อนออกมาเป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ้าควบคุมไม่ดีอาจเกิดการระเบิดได้อย่างรุนแรง ถ้าต้องการให้ได้โพลีเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก ๆ จะต้องใช้โมโนเมอร์ที่มีความบริสุทธิ์สูง เพราะสารปนเปื้อน เช่น ไฮโดรเจน และอะซิทีลีน (C_2H_2) ทำหน้าที่เป็นตัวย้ายลูกโซ่ได้ (3)

โพลีเอทิลีนอาจเตรียมได้ในสารละลายโดยใช้เบนซีน หรือคลอโรเบนซีนเป็นตัวทำละลาย ภายใต้ภาวะของปฏิกิริยา (ความดันและอุณหภูมิสูง) ทำนองเดียวกับกรณีที่ไม่ใช้ตัวทำละลาย *

2.1.4.1 โครงสร้างของโพลีเอทิลีน

มีการศึกษาโครงสร้างของโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ โดยอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (infrared spectroscopy) พบว่าโพลีเมอร์นี้มีสาขาโซ่ที่เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นที่เชื่อกันว่า สาขาโซ่ของโมเลกุลเกิดขึ้นได้มี 2 วิธีดังนี้

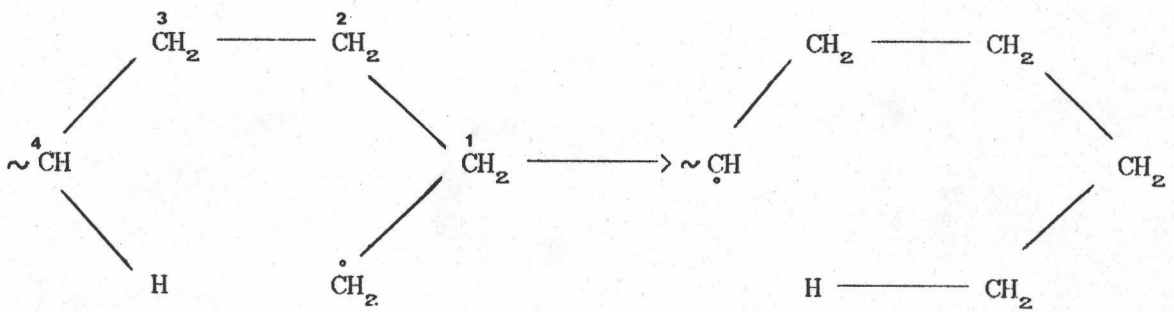
1. การย้ายลูกโซ่ระหว่างโมเลกุล (intermolecular chain transfer) วิธีนี้ แรดิคัลโพลีเมอร์ย้ายลูกโซ่ให้กับโพลีเมอร์อื่นในระบบ



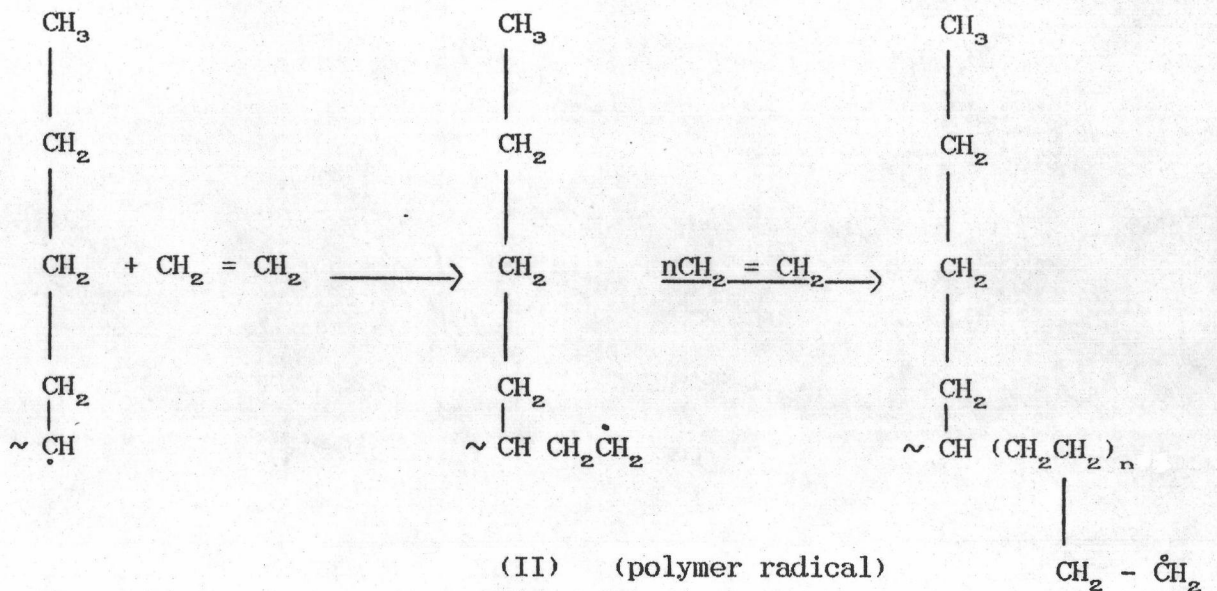
(I)

การย้ายลูกโซ่ในลักษณะนี้ ฟรีแรดิกัลใหม่ที่เกิดขึ้น (I) จะสามารถทำปฏิกิริยาไปรป่าแก่ต่อไปได้ โขโพลีเมอร์ที่ได้อาจมีความยาวพอ ๆ กับโซ่ที่เป็นแกนหลัก (back bone) ของโพลีเมอร์นั้นได้

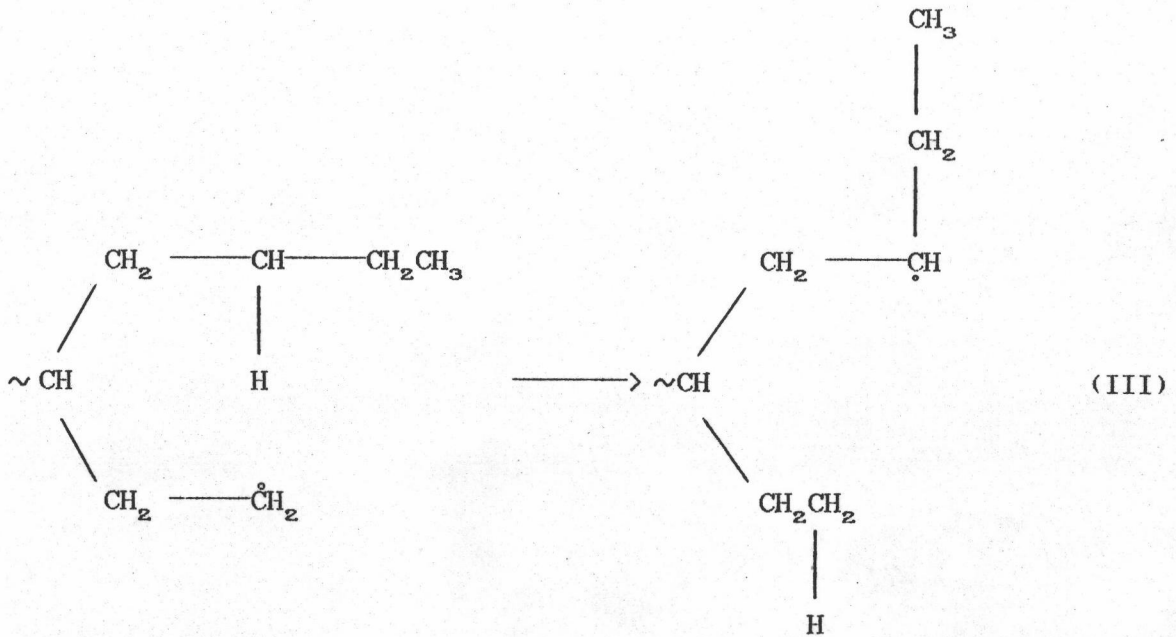
2. การย้ายลูกโซ่ภายในโมเลกุล (intramolecular chain transfer) วิธีนี้โพลีเมอร์แรดิกัลย้ายฟรีแรดิกัลที่อยู่ปลายโซ่ให้กับคาร์บอนตัวที่ 4 นับจากคาร์บอนแรดิกัลที่อยู่ปลายโซ่ ซึ่งเกิดขึ้นได้สะดวกเพราะทรานซิชันสเตต (transition state) ของกระบวนการนี้เป็นแบบวงแหวนที่มีจำนวนอะตอมของวงแหวนเท่ากับ 6 (6-membered ring) ดังนี้



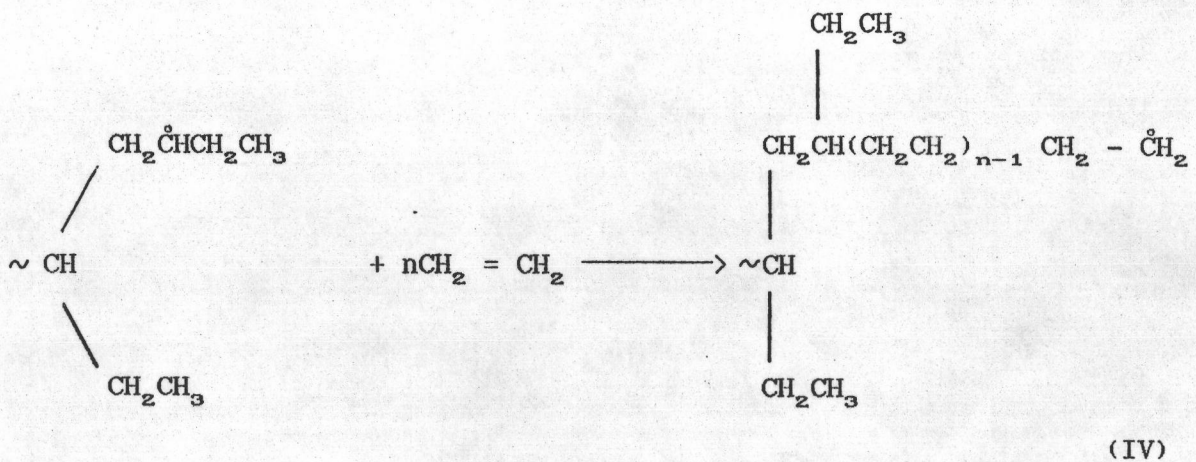
ฟรีแรดิกัลใหม่ที่เกิดขึ้นสามารถไปรป่าแก่ต่อไป



นอกจากนี้แล้ว โพลีเมอร์แรดิคัล (II) ยังสามารถย้ายแรดิคัลให้กับสาขาไซโซ (หมู่บิวทิล) ได้ดังนี้



ซึ่ง (III) สามารถทำปฏิกิริยาไปรป่าเกิดขึ้นต่อไป



จะเห็นได้ว่าการย้ายลูกโซ่แบบภายใน โมเลกุลดังกล่าวข้างต้น ได้สาขาไซโซแบบเอทิล ($-\text{CH}_2\text{CH}_3$) และแบบบิวทิล ($-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$)

จากการทดลองพบว่าสาขาไซของโพลีเอทิลีนส่วนใหญ่เป็นไซสั้น ๆ ที่เป็นเอทิลและบิวทิล ดังนั้น จึงเชื่อได้ว่าปฏิกิริยาการย้ายลูกไซที่เกิดขึ้นในระหว่างโพลีเมอร์ไรเซชันของเอทิลีนส่วนใหญ่เป็นแบบการย้ายลูกไซภายในโมเลกุลดังกล่าวข้างต้น

2.1.4.2 คุณสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์

คุณสมบัติทางกายภาพของโพลีเอทิลีนแตกต่างกันออกไปบ้างตามลักษณะปริมาณของสาขาไซโดยทั่วไป ถ้าโมเลกุลมีสาขาไซมาก โพลีเมอร์มีความเป็นผลึกต่ำ เพราะโอกาสที่อะตอมต่าง ๆ ในโมเลกุลจะจัดการอย่างเป็นระเบียบเพื่อเกิดลักษณะผลึกมีน้อยกว่า ดังนั้น ความหนาแน่น จุดหลอมตัว ความแข็ง มีค่าต่ำลง ความหนาแน่นต่ำนี้เอง ทำให้การแพร่ผ่านของก๊าซและความชื้นต่อโพลีเมอร์จะมีโอกาสทำได้สูง อย่างไรก็ตามโพลีเอทิลีนที่เตรียมโดยกระบวนการใช้ความดันสูงมีความเป็นผลึกปานกลาง (ทั่วไปมีร้อยละของความเป็นผลึก 50-60) มีจุดหลอมตัวประมาณ 105°C มีความหนาแน่น 0.91-0.94 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่ละลายในตัวทำละลายจำพวกไฮโดรคาร์บอน และไฮโดรเจนเตทไฮโดรคาร์บอน เช่น โทลูอีน (toluene) ไซลีน (xylene) และไดคลอโรเอทิลีน (dichloroethylene) เป็นต้น นอกจากนี้แล้ว โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำนี้ก็มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีเยี่ยม และเฉื่อยเป็นพิเศษต่อปฏิกิริยาเคมีทั่วไป สามารถทนทานต่อกรดและด่างเป็นอย่างดี เช่น แซโพลีเอทิลีนในกรดซัลฟูริก หรือกรดไฮโดรคลอริก ที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่พบการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด แต่กับกรดไนตริก ณ ภาวะเดียวกันจะเปลี่ยนเป็นสีดำ (charred) ที่ผิว

เมื่อให้โพลีเมอร์นี้สัมผัสกับแสงแดด และออกซิเจนเป็นเวลานาน ๆ โพลีเมอร์นี้จะเสื่อมคุณภาพลงได้ เช่นจะสูญเสียความแข็งแรง ความสามารถในการยืดหยุ่นได้ และความสามารถในการต่อต้านการสึกหรอ และฉีกขาด ทั้งนี้เป็นเพราะเกิดการสูญเสียไฮโดรเจนอะตอมจากคาร์บอนองศา 3 ($^{\circ}3$ or tertiary carbon) ที่เป็นคาร์บอนที่เกิดสาขาไซ

เกือบครึ่งหนึ่งของโพลีเอทิลีนที่ผลิตขึ้นทั้งหมดนำไปผลิตเป็นแผ่นฟิล์มใช้สำหรับห่อของอาหาร ทำถุงพลาสติก ฝา (พลาสติก) กันน้ำ ฝาบุโต๊ะ ทำของใช้ในบ้าน ในครัว ของเด็กเล่น ใช้หุ้มลวดไฟฟ้า เคลือบผิววัตถุต่าง ๆ และในงานก่อสร้าง เป็นต้น

2.2 การเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก

2.2.1 ประโยชน์ของการเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก (4)

1. ป้องกันการผุกร่อนอันเกิดจากสภาพแวดล้อมและสารเคมี
(resistance to corrosion)
2. ทนต่อการสึกกร่อนและการเสียดทาน
(resistance to wear and abrasion)
3. เป็นฉนวนไฟฟ้า (electrical insulation)
4. มีแรงเสียดทานที่ผิวน้อย (low friction surfaces)
5. ตกแต่งผิวภายนอกให้สวยงาม (aesthetic appeal)

2.2.2 วิธีการเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติก (4)

การเคลือบผิวโลหะมีวิธีการทำได้หลายวิธีขึ้นกับชนิดของวัตถุที่ต้องการเคลือบ ชนิดของสารที่ใช้เคลือบ ความสะดวกรวดเร็วในการทำ และต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายด้วย วัตถุบางชนิดอาจมีวิธีการเคลือบผิวได้หลายวิธีไม่เจาะจง วิธีการต่าง ๆ ที่ใช้เคลือบแบ่งตามลักษณะของสารที่ใช้เคลือบได้ 2 ชนิด คือ

2.2.2.1 การเคลือบโดยใช้สารเคลือบเป็นของเหลว (5, 6)

การเคลือบโดยวิธีนี้ต้องมีขั้นตอนการเตรียมสารที่จะใช้เคลือบ มีส่วนผสมของตัวทำละลาย ตัวยึดเกาะ และสารที่ใช้เคลือบ ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ของเหลวที่ได้มีความหนืดที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน การเคลือบโดยวิธีนี้ ได้แก่

ก. การเคลือบโดยวิธีการจุ่มเคลือบ (dipping)

วัตถุที่ต้องการเคลือบจะถูกแขวนอยู่เหนือถัง โดยต่อเข้ากับสายพานลำเลียงอัตโนมัติสำหรับหย่อนวัตถุลงในถังบรรจุสารที่ใช้เคลือบ และดึงกลับขึ้นมาเมื่อเคลือบเสร็จแล้ว เมื่อนำวัตถุขึ้นจากถังต้องรอให้ของเหลวหยดลงหมดก่อน จึงจะนำวัตถุที่เคลือบแล้วเข้าตู้อบ เพื่อระเหยไล่ตัวทำละลาย ขณะทำการเคลือบควรจุ่มวัตถุลงในถังให้ลึก และทำอย่างช้า ๆ เพื่อป้องกันการเกิดรอยต่างของสีที่เคลือบ และป้องกันการเกิดฟองอากาศ การ

เคลือบโดยวิธีนี้ฟิล์มที่ได้มีความหนาไม่สม่ำเสมอ วิธีนี้ใช้เคลือบได้ทั้งวัตถุที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็กได้แก่ ตัวถังรถยนต์ ท่อน้ำ วาร์ล เป็นต้น

ข. การเคลือบโดยการรีด (roller coating)

เป็นการเคลือบโดยใช้ลูกกลิ้งมีความกว้างประมาณ 7 นิ้ว โดยให้วัตถุที่ต้องการเคลือบเคลื่อนผ่านระหว่างลูกกลิ้ง 2 ลูก ซึ่งสารที่ใช้เคลือบจะถูกรีดให้เป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ เคลือบบนผิววัตถุ วิธีนี้เหมาะสมอย่างยิ่งกับพลาสติกที่ไหลได้ดี และสามารถควบคุมปริมาณพลาสติกที่ใช้เคลือบได้ จากการตั้งระยะระหว่างลูกกลิ้ง และการตั้งความเร็วรอบของลูกกลิ้ง วิธีนี้นิยมใช้เคลือบแผ่นโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง ถัง ของเล่นเด็ก จุกขวด เป็นต้น

ค. การเคลือบโดยการหมุนกลิ้ง (tumbling)

วัตถุที่ต้องการเคลือบถูกทำให้หมุนไปมาภายในถังบรรจุสารที่ใช้เคลือบที่หมุนอยู่ การเคลือบแต่ละครั้งจะใช้สารให้มีปริมาณพอดีกับขนาดวัตถุ วัตถุถูกทำให้หมุนไปรอบ ๆ อย่างอิสระมีพื้นที่สัมผัสระหว่างกันน้อยมากจึงไม่ทำให้เกาะติดกัน วิธีนี้เหมาะกับการเคลือบวัตถุที่มีขนาดเล็ก เช่น กระจุมเสื่อ ลูกบิด ด้ามถือของ เป็นต้น

ง. การเคลือบโดยการไหลผ่าน (flow coating)

มีลักษณะคล้ายกับการฉีดพ่น แต่เนื่องจากไม่มีอากาศอยู่ภายใน จึงไม่เกิดเป็นละอองฝอยเหมือนการฉีดพ่น สารที่ใช้เคลือบจะถูกฉีดออกมาทางหัวฉีดที่มีขนาดแน่นอน โดยมีตำแหน่งและทิศทางที่เหมาะสมตามลักษณะของชิ้นวัตถุที่ต้องการเคลือบ วิธีนี้เหมาะกับวัตถุที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก หรือวัตถุที่ทำโดยการชุบไม่สะดวก เช่น ตัวถังรถยนต์ กรอบที่เป็นโลหะเพียงสปริง เป็นต้น ซึ่งต้องใช้ถังชุบขนาดใหญ่มากเป็นการสิ้นเปลือง

จ. การเคลือบโดยการฉีดพ่น (spraying)

เป็นวิธีการทำให้สารที่ใช้เคลือบมีลักษณะเป็นละอองเล็ก ๆ โดยใช้แรงขนาดต่าง ๆ กัน สารที่ใช้เคลือบจะออกมากับอากาศที่อัดเข้าไปในหัวฉีด และถูกฉีดพ่นออกมาเป็นละอองเล็ก ๆ ลักษณะที่พ่นออกมานั้นมีลักษณะเหมือนน้ำ หรืออาจปรับรูปร่างเป็นแบบ

กรวยก็ได้ขึ้นกับหัวฉีดที่ใช้ หัวฉีดที่ใช้ทั่วไปมี 4 ชนิด ได้แก่ pressure-tank, overhead-tank, suction-cup, touch-up

การเคลือบวิธีนี้ควรปรับความหนืดของสารให้สัมพันธ์กับอากาศที่ใช้ เพื่อให้สารที่พ่นออกมาเป็นละอองฝอยที่ดี นอกจากนี้อาจใช้วิธีฉีดพ่นแบบอัดโน้มนัด เพื่อช่วยให้ประหยัด และรวดเร็ว เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในทางอุตสาหกรรม โดยให้หัวฉีดพ่นอยู่กับที่แล้ว เคลื่อนวัตถุที่ต้องการเคลือบไปตามสายพานลำเลียง ในบางครั้งอาจมีการหมุนวัตถุด้วยเพื่อให้ฉีดพ่นสารได้ทั่วถึงตลอดทุกส่วนของวัตถุ

ฉ. การเคลือบโดยผ่านกระแสไฟฟ้า (electrodeposition)

เป็นการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในของเหลว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปนี้ไม่ได้เกิดการถ่ายเทอิเล็กตรอนเหมือนการนำไฟฟ้าของโลหะ แต่เป็นการเคลื่อนของไอออนหรืออนุภาคของประจุ เช่น หยดอิมัลชัน หรืออนุภาคสี เมื่ออนุภาคเคลื่อนที่ก็จะไปเกาะติดที่ผิวหน้าวัตถุหรือติดกับอิเล็กโทรด จำนวนสารที่เข้าเกาะขึ้นกับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้

2.2.2.2 การเคลือบโดยใช้สารเคลือบเป็นผง (powder coating) (4, 5)

วิธีการเคลือบโลหะด้วยพลาสติกผง เริ่มจากปี ค.ศ. 1940 บริษัท Telegraph Construction and Maintenance Company ได้ค้นพบวิธีทำพลาสติกโพลีเอทิลีนให้เป็นผงได้และ Schori Metallization Limited ได้นำเอาพลาสติกผงนี้ไปเคลือบบนโลหะโดยวิธี hot-dip-coating คือการเผาหรืออบชิ้นงานให้ร้อนแล้วนำไปคลุกกับพลาสติกผง ซึ่งได้รับความนิยมพอสมควร คือสามารถเคลือบได้กับชิ้นวัตถุที่มีรูปทรงธรรมดา แต่รูปทรงสลับซับซ้อน เช่น ชิ้นงานตะแกรงลวด (wire articles) ยังทำได้ไม่ดีนัก (4) วิธีการเคลือบโลหะด้วยพลาสติกผงที่นิยมใช้ทั่วไปมี 3 แบบ คือ

- ก. การเคลือบผิวโดยวิธีใช้ไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic spray coating)
- ข. การเคลือบโดยการพ่นเปลวไฟ (flame spray coating)
- ค. การเคลือบในฟลูอิดเบด (fluidized bed coating)

ก. การเคลือบโดยวิธีใช้ไฟฟ้าสถิตย์ (electrostatic spray coating) (4)

การเคลือบผิวโลหะด้วยวิธีนี้ ทำโดยพ่นผงพลาสติกผ่านปืนพ่น (electrostatic spray gun) ซึ่งถูกสร้างให้มีประจุไฟฟ้าสถิตย์ (ขั้วลบ) ขนาด 90,000 โวลท์ (ไฟฟ้ากระแสตรง) จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผงพลาสติกจะรับประจุไฟฟ้าสถิตย์ขั้วลบ แล้ววิ่งไปเกาะติดผิวชิ้นงานซึ่งต่อกับสายดิน (หรือขั้วบวก) ผงพลาสติกนี้จะมีแรงยึดเกาะนานหลาย ชั่วโมงโดยไม่หลุด ความหนาของพลาสติกผงที่เกาะบนผิวชิ้นงานมีจำกัด ขึ้นกับชนิดของพลาสติก อุณหภูมิของชิ้นงาน และอุณหภูมิของผงพลาสติก อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้การต้านการรับประจุไฟฟ้าของผงพลาสติก (electrical resistivity of powder) ต่ำลง ดังนั้น ถ้าทำให้ชิ้นงานหรือผงพลาสติกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ผงพลาสติกจะมีประสิทธิภาพการรับประจุไฟฟ้าดีขึ้น ทำให้การยึดเกาะของผงพลาสติกที่รับประจุไฟฟ้าแล้วยึดเกาะกับผิวชิ้นงานดีขึ้น ผิวเคลือบพลาสติกก็ทำได้หนาขึ้น ชิ้นงานที่จะนำมาเคลือบพลาสติกด้วยวิธีนี้จะนำไปทำให้ร้อนก่อนหรือไม่ก็ได้ หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่มีผงพลาสติกเกาะอยู่ไปอบให้ผงพลาสติกหลอมละลายเคลือบติดผิวโลหะจากนั้นจึงทำให้เย็นลง

ข. การเคลือบโดยการพ่นเปลวไฟ (flame spray coating) (4, 5)

การพ่นเปลวไฟเพื่อเคลือบผิวโลหะด้วยพลาสติกไม่ต้องใช้เตาอบ ใช้เคลือบชิ้นงานที่ไม่สามารถนำเข้าเตาอบได้ และชิ้นงานที่ไม่สามารถทำโดยวิธีการจุ่มเคลือบได้ พลาสติกผงที่ใช้ต้องเป็นชนิดที่มีจุดหลอมละลายต่ำ เช่น โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) การเคลือบวิธีนี้ไม่ค่อยนิยมใช้มากนัก ขั้นตอนการทำให้มีดังนี้

- ทำความสะอาดผิวชิ้นงานให้หยาบและปราศจากคราบไขมัน
- พ่นไฟที่ผิวหน้าชิ้นงานให้ร้อนประมาณ 200 °ซ
- พ่นพลาสติกผงผ่านเปลวไฟก๊าซ ออกซิเจน-อะเซทิลีน

(oxygen-acetylene) ให้ไปตกบนผิวหน้าชิ้นงานที่เตรียมทำให้ร้อนแล้ว พลาสติกผงจะหลอมละลายเกาะติดผิวหน้าชิ้นงาน พ่นไปจนเต็มบริเวณผิวหน้าชิ้นงานที่ต้องการ

- ตรวจสอบบริเวณผิวหน้าชิ้นงานอีกครั้ง หากบริเวณใดยังไม่เรียบเป็นคลื่น ไม่สวยงามให้ใช้ไฟก๊าซอุณหภูมิ 200-300 °ซ พ่นทับให้หลอมละลายและมีผิวเรียบดี
- ทิ้งให้เย็นตัว หรือจะใช้พ่นน้ำลงไปก็ได้

ค. การเคลือบในฟลูอิดไคซ์เบด (fluidized bed coating)

เป็นเทคนิคใหม่ที่เพิ่งนำมาใช้ สารที่ใช้เคลือบเป็นของแข็ง 100% วัตถุที่สามารถนำมาเคลือบ ควรเป็นโลหะ แก้ว เซรามิก พลาสติก และวัตถุที่สามารถทนความร้อนขณะปฏิบัติงานได้ ของแข็งที่ใช้เคลือบเป็นผงโพลีเมอร์ หรือผงเรซินขนาดตั้งแต่ 20-300 ไมโครเมตร ของแข็งจะถูกทำให้อยู่ในลักษณะฟลูอิดไคซ์ชันในกระแสก๊าซ จึงสามารถจุ่มวัตถุที่ต้องการเคลือบลงไปในเบดได้ การเคลือบโดยวิธีนี้มีประโยชน์มาก สามารถเคลือบวัตถุรูปทรงต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ อุปกรณ์การกลั่นน้ำมัน ปัม ลูกลัง สายพาน ที่หุ้มลวด อุปกรณ์เครื่องทำความเย็น เครื่องทำความสะอาด เป็นต้น

2.3 ฟลูอิดไคซ์ชัน (7)

ฟลูอิดไคซ์ชัน หมายถึง กระบวนการหรือวิธีการที่ของแข็งซึ่งมีรูปร่างลักษณะเป็นเม็ดหรือชิ้นสัมผัสกับของไหลแล้วเม็ดของแข็งเหล่านี้จะมีคุณสมบัติคล้ายของไหล ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดหรือชิ้นของแข็งดังกล่าว ถูกวางไว้บนตะแกรงในหอคอดลง ปล่อยให้ของไหลซึ่งอาจเป็นก๊าซหรือของเหลวผ่านทางด้านล่างของตะแกรงที่รองรับเม็ดของแข็ง ของไหลจะไหลผ่านขึ้นเม็ดของแข็ง แล้วไหลออกทางส่วนบนของหอคอดลง เพิ่มความเร็วของไหลให้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะเห็นเม็ดของแข็งขยับตัว และลอยตัวขึ้นเป็นอิสระไม่เกาะติดกัน ของแข็งที่อยู่ในลักษณะนี้ จะมีคุณสมบัติคล้ายของไหล จึงเรียกของแข็งในสถานะนี้ว่า ฟลูอิดไคซ์ชัน

ประเภทของฟลูอิดไคซ์ชัน

ฟลูอิดไคซ์ชันแบ่งเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ฟลูอิดไคซ์ชันสองสถานะ (two-phase fluidization) หมายถึงหอคอดลงหรือเบด จะประกอบด้วยสารสองสถานะ คือ ของแข็งกับของไหล ของไหลนี้อาจเป็นก๊าซหรือของเหลวก็ได้ ถ้าเป็นก๊าซจะเรียกว่า "ก๊าซฟลูอิดไคซ์ชัน" (gas fluidization) และถ้าเป็นของเหลวจะเรียกว่า "ฟลูอิดไคซ์ชันของเหลว" (liquid fluidization)
2. ฟลูอิดไคซ์ชันสามสถานะ (three-phase fluidization) หมายถึงภายในหอคอดลงหรือเบด จะประกอบด้วยสารสามสถานะด้วยกัน คือของแข็ง ของเหลว และก๊าซ สำหรับฟลูอิดไคซ์ชันสามสถานะนั้น เป็นกระบวนการที่พัฒนาไปจากฟลูอิดไคซ์ชันสองสถานะ หอคอดลง

ที่เป็นฟอง (bubble column) และหอคอดลองที่บรรจุด้วยของแข็ง (packed bed) จึงมีกลไกการเกิดที่ซับซ้อนมาก

2.3.1 ลักษณะของฟลูอิดไคซ์เบด

เบด (bed) หมายถึง บริเวณหรืออาณาเขตที่มีอนุภาคของแข็งบรรจุอยู่ ไม่ว่าอนุภาคเหล่านั้นจะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนไหวด้วยของไหลในหอคอดลอง จะมีระดับตั้งแต่แผ่นกระจายของไหล (distributor plate) จนถึงระดับสูงสุด

เมื่อบรรจุอนุภาคของของแข็งในหอคอดลอง ปล่อยให้ของไหลเข้าทางด้านล่างของหอคอดลองอย่างช้า ๆ ด้วยความเร็วต่ำ ๆ อนุภาคของแข็งจะไม่ขยับตัว ลักษณะของเบดเช่นนี้ เรียกว่า "เบดนิ่ง" (fixed bed) จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มความเร็วของของไหลให้มากขึ้นทีละน้อยจนถึงความเร็วระดับหนึ่ง อนุภาคของของแข็งจะเริ่มขยับตัว และจัดตัวอย่างเป็นระเบียบ เมื่อเพิ่มความเร็วของของไหลอีกเพียงเล็กน้อย อนุภาคของของแข็งจะหลุดออกจากกันลอยตัวเป็นอิสระ ลักษณะนี้เรียกว่า "จุดเริ่มฟลูอิดไคเซชัน" (incipiently fluidized bed or bed at minimum fluidization or onset of fluidization) หลังจากจุดนี้ไปแล้วความเร็วของของไหลที่เพิ่มขึ้นจะไปทำให้เบดขยายตัวขึ้นตามความเร็วของของไหล อนุภาคของของแข็งยังอยู่ชิดกันมาก ดูเหมือนว่ายังจับกันเป็นกลุ่มก้อน เบดลักษณะนี้เรียกว่า "ฟลูอิดไคซ์เบดหนาแน่น" (dense-phase fluidized bed) ถ้าความเร็วของของไหลมากขึ้นอีกทำให้เกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคของของแข็งมากขึ้น อนุภาคของของแข็งอยู่ห่างกัน เบดลักษณะนี้เรียกว่า "ฟลูอิดไคซ์เบดเจือจาง" (diluted-phase fluidized bed) เมื่อเพิ่มความเร็วของของไหลขึ้นอีกเล็กน้อยอนุภาคของของแข็งก็จะหลุดลอยออกไปจากเบด ลักษณะนี้ใช้เป็นการขนส่งของแข็งจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ถ้าใช้อากาศเราเรียกว่า "การขนส่งด้วยอากาศ" (pneumatics transport action) ถ้าใช้ของเหลวเราเรียกว่า "การขนส่งด้วยของเหลว" (hydraulics transport action)

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดพฤติกรรมฟลูอิดไคซ์ที่ดี คือ

1. อนุภาคของของแข็งขนาดเล็ก และขนาดของเบดที่พอเหมาะกับขนาดของอนุภาคของของแข็งกล่าวคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเบดไม่มากหรือน้อยเกินไป
2. ขนาดของอนุภาคของของแข็งต้องไม่แตกต่างกันมากเกินไป

3. รูปร่างทางกายภาพของอนุภาคของของแข็งควรใกล้เคียงกันกับทรงกลม
 4. ตัวกระจายของไหล (distributor) ต้องสามารถกระจายของไหลได้อย่างสม่ำเสมอไม่อุดตันง่าย หรือหลอมเหลวติดกันเมื่อโดนความร้อนสูง
 5. ความเร็วของของไหลภายในเบตต้องพอเหมาะกับความยาวของเบตที่ใช้ในการทดลองคือ ถ้าความเร็วสูงมากเกินไปก็จะพัดพาให้อนุภาคของของแข็งหลุดออกจากเบตไปได้
- อย่างไรก็ตามถ้าอนุภาคของของแข็งมีขนาดเล็กมาก และมีแรงดึงดูดระหว่างผิวของอนุภาคของของแข็งสูงก็อาจทำให้เกิดฟลูอิดไรซ์ได้ยาก เช่น อนุภาคของของแข็งที่เป็นแผ่น เป็นงูละเอียด เป็นต้น อีกประการหนึ่ง ถ้าอนุภาคมีความหนาแน่นต่ำเกินไป แรงโน้มถ่วงของโลกก็กระทำต่ออนุภาคของของแข็งจะลดน้อยลง ดังนั้น โอกาสที่ของไหลจะผ่านทะลุขึ้นมาเป็นช่อง (channeling) นั้นง่ายและรุนแรงมาก

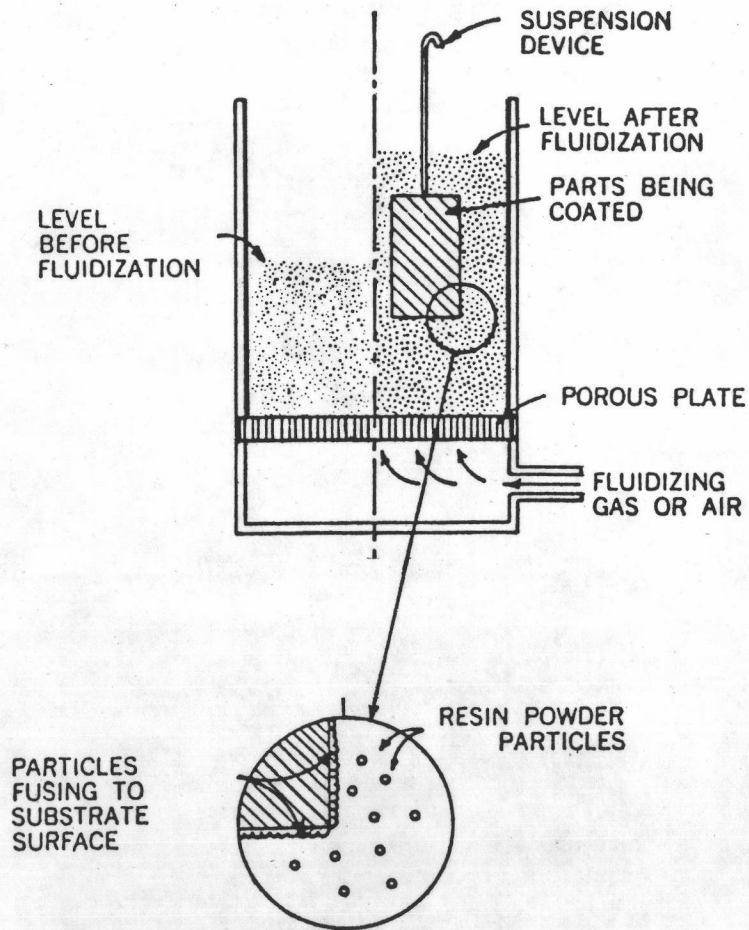
ปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคนิคฟลูอิดไรซ์มาใช้ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากข้อดีหลายประการของฟลูอิดไรซ์เซชัน คือ

1. สามารถทำงานแบบต่อเนื่องได้
2. มีประสิทธิภาพสูงในการถ่ายเทความร้อน และมวลสาร
3. มีการสัมผัสกันอย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอระหว่างของไหล และอนุภาคของแข็งภายในเบต
4. สามารถควบคุมอุณหภูมิของเบตได้อย่างเที่ยงตรงและสม่ำเสมอทั้งเบต

2.3.2 การประยุกต์ใช้กับเทคนิคการเคลือบพลาสติก

จากคุณสมบัติที่ของแข็งในเบตทำหน้าที่คล้ายกับของเหลวนี้ ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับการเคลือบผิววัตถุด้วยพลาสติก โดยของแข็งหรือผงพลาสติกจะถูกทำให้อยู่ในลักษณะฟลูอิดไรซ์เซชันในกระแสก๊าซ ลักษณะการเกิดแสดงดังรูป (2.2) ก๊าซที่ใช้สามารถใช้อากาศ หรือก๊าซไนโตรเจนก็ได้อากาศถูกปล่อยเข้าทางด้านล่างของเบตอย่างสม่ำเสมอผ่านแผ่นกระจายก๊าซ และชั้นของผงพลาสติกที่ใช้เคลือบ ทำให้ของแข็งมีสมบัติเหมือนเป็นของเหลว จึงสามารถจุ่มวัตถุที่ต้องการเคลือบลงไปในเบตได้ โดยไม่เกิดความต้านทานจากชั้นของแข็ง วัตถุที่นำมาเคลือบต้องมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมละลายของผงพลาสติกที่ใช้เคลือบ เพื่อให้ผงพลาสติกที่เคลือบที่มาปะทะกับผิวหน้าวัตถุเกิดการหลอมละลายและเกาะติดบนผิวหน้าอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนี้ขนาดและ

ปริมาณของเบตต้องมีปริมาณมากพอที่จะจุ่มวัตถุลงไปมีตัวเบตเมื่อเบตเกิดการขยายตัว การขยายตัวของเบตต้องเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 2.2 การเคลือบผิววัตถุในฟลูอิดไลซ์เบต (9)

การถ่ายเทความร้อนระหว่างโลหะกับเบต

การถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวโลหะกับเบต แสดงในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมดุลพลังงานระหว่างโลหะกับเบต ดังนี้

$$\begin{aligned}
 mc_p \frac{dT_s}{dt} &= -hA(T_s - T_b) \\
 mc_p \frac{dT_s}{(T_s - T_b)} &= -hA dt \\
 \int \frac{dT_s}{(T_s - T_b)} &= -\int \frac{hA dt}{mc_p} \\
 \ln(T_s - T_b) &= -\frac{hAt}{mc_p} + C
 \end{aligned}$$

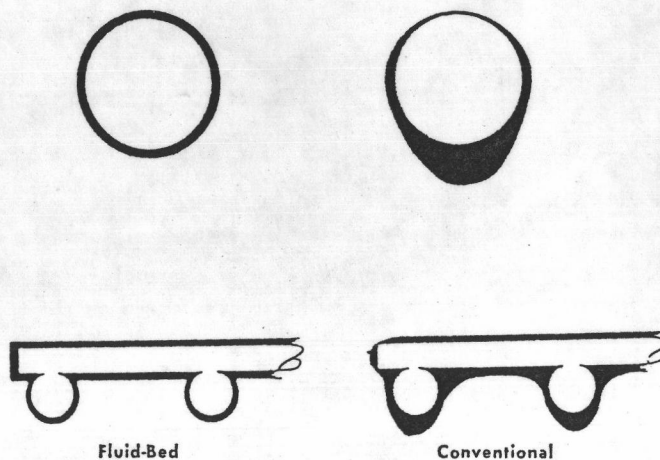
สถานะขอบ ที่ $t = 0$; $T_s = T_v$

$$\begin{aligned}
 \ln(T_v - T_b) &= C \\
 \ln \left[\frac{T_s - T_b}{T_v - T_b} \right] &= -\frac{hA t}{mc_p} \\
 \ln \left[\frac{T_s - T_b}{T_v - T_b} \right] &= -\frac{mc_p}{At} \ln \left[\frac{T_s - T_b}{T_v - T_b} \right] \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

- เมื่อ m = มวลของโลหะ (กรัม)
 c_p = ความจุความร้อนของโลหะ (แคลอรี/กรัม °ซ)
 A = พื้นที่ผิวโลหะ (ซม.²)
 h = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (แคลอรี/วินาที ซม.² °ซ)
 T_s = อุณหภูมิที่ผิววัตถุ (°ซ)
 T_b = อุณหภูมิเบต (°ซ)
 T_v = อุณหภูมิเริ่มต้นของวัตถุ (°ซ)
 t = เวลาที่ใช้เคลือบ (วินาที)

ข้อดีของการเคลือบผิวโลหะด้วยวิธีฟลูอิดเบด (8, 9, 10)

1. ไม่มีส่วนผสมของสารชนิดอื่น จึงไม่มีขั้นตอนการเตรียมสารที่ใช้เคลือบ เพราะใช้สารในรูปของแข็งได้เลย ซึ่งต่างจากกรณีที่ใช้สารเคลือบเป็นของเหลวจะต้องมีการเตรียมสารก่อนใช้งาน เช่น เติมตัวทำละลาย ตัวยิดเกาะ และบางครั้งอาจต้องมีเครื่องมือวัดความหนืดของสารที่เตรียมด้วย ดังนั้นการเคลือบผิวโลหะด้วยวิธีนี้จึงเป็นการประหยัดเวลา และช่วยลดการใช้อุปกรณ์บางชนิด
2. ไม่มีส่วนผสมของตัวทำละลายซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของพนักงาน และเป็น การลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างทำงาน เนื่องจากตัวทำละลายที่ใช้ส่วนใหญ่ระเหยง่ายและติดไฟได้ดี
3. ลดการเกิดมลพิษในอากาศ เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของตัวทำละลาย
4. มีขั้นตอนการทำงานที่ง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถเรียนรู้ได้ภายในระยะเวลาไม่นาน
5. ทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ได้ง่าย และประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องมือ
6. ฟิล์มที่เคลือบได้จะสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันหมด และฟิล์มที่เกิดขึ้นจะไม่ไหลเยิ้มลงมาเสียรูปทรงเหมือนกรณีที่ใช้สารเคลือบเป็นของเหลว ดังรูปที่ 2.3
7. สามารถใช้ได้กับสารเคลือบที่เป็นผงพลาสติกที่ไม่ละลายหรือละลายได้ยากในตัวทำละลาย เช่น โพลีเอทิลีน โพลีโพรพิลีน ไนลอน ฟลูออโรโพลีเมอร์ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 ลักษณะของฟิล์มที่เคลือบได้โดยวิธีฟลูอิดเบดและวิธีที่ใช้สารเคลือบเป็นของเหลว (11)

ข้อเสียของการเคลือบผิวโลหะด้วยวิธีฟลูอิดเซชัน (9)

1. วัตถุที่นำมาเคลือบต้องทนความร้อนสูง ๆ ได้ จึงเหมาะที่จะใช้เคลือบผิววัตถุพวกโลหะ แก้ว เซรามิก เป็นต้น
2. สารที่นำมาใช้เคลือบต้องมีขนาดสม่ำเสมอแน่นอน เพื่อให้ทำให้เกิดฟลูอิดเซชันได้ดี
3. สมบัติของพลาสติกบางชนิดอาจเปลี่ยนไป เนื่องจากกระบวนการนี้ต้องใช้อุณหภูมิสูงขณะทำการเคลือบ เช่น ทำให้สีของพลาสติกเปลี่ยนไป เป็นต้น

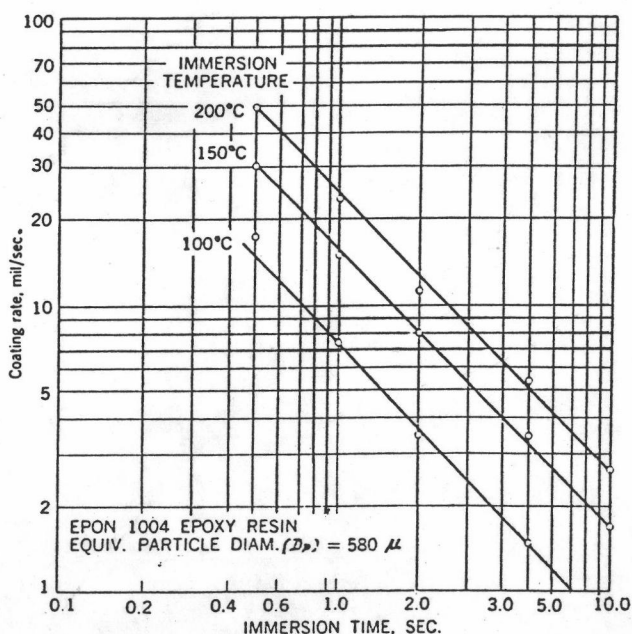
ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเคลือบ โดยวิธีฟลูอิดเซชัน (9, 12)

การเคลือบผิวของวัตถุด้วยวิธีนี้ จะเกิดการหลอมเหลวของเม็ด โพลีเมอร์ที่สัมผัสกับผิวหน้าของวัตถุที่ต้องการเคลือบ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อความหนาของการเคลือบ ได้แก่

1. สมบัติทางฟิสิกส์ของวัตถุที่ต้องการเคลือบ ได้แก่
 - ชนิดของวัตถุ ขนาด และรูปทรงของวัตถุ
 - ความจุความร้อนของวัตถุ
 - การนำความร้อนของวัตถุ เป็นต้น
2. สมบัติทางฟิสิกส์ของเม็ด โพลีเมอร์ที่ใช้เคลือบ ได้แก่
 - ชนิดและขนาดของเม็ด โพลีเมอร์
 - จุดหลอมเหลวของเม็ด โพลีเมอร์ เป็นต้น
3. สภาวะการเกิดฟลูอิดเซชัน ได้แก่
 - ความเร็วอากาศ
 - ความหนาแน่นของเบด
 - ความร้อนภายในเบด
4. อุณหภูมิของวัตถุก่อนทำการเคลือบ
5. เวลาที่ใช้ในการเคลือบ

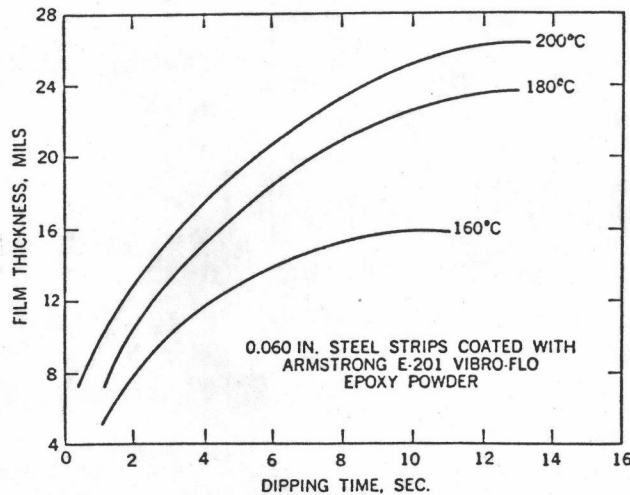
2.4 งานวิจัยที่ได้ทำมาแล้ว

J. Gaynor และคณะ (13) ปี ค.ศ. 1960 ทำการเคลือบแผ่นทองแดงขนาด 0.156 ซม. ในฟลูอิดซ์เบด ใช้สารเคลือบเป็นเอพอกซีเรซินขนาด 580 ไมโครเมตร ความเร็วอากาศ 14 ซม./วินาที พบว่าอัตราการเคลือบ (coating rate) เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นวัตถุเพิ่มและลดลงเมื่อใช้เวลาในการเคลือบมากขึ้น แสดงดังรูป 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเคลือบกับเวลาที่ใช้เคลือบของโลหะทองแดง เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวัตถุที่ใช้เคลือบ (13)

Lee, M.M., (14) ปี ค.ศ. 1960 เคลือบแท่งโลหะขนาด 0.15 ซม. ด้วย เอพอกซีเรซิน ในฟลูอิด์เบด ที่อุณหภูมิ 160-200° ซ พบว่า เมื่ออุณหภูมิเริ่มต้นวัตถุสูงขึ้น फिल्मที่เคลือบได้หนาขึ้น แสดงดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของฟิล์มกับเวลาที่ใช้เคลือบของแท่งเหล็ก เมื่อเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิวัตถุที่ใช้เคลือบ (14)

E. Gemmer (15) ปี ค.ศ. 1961 เคลือบแผ่นเหล็กหนา 0.75 ซม. โดยให้ความร้อนถึงอุณหภูมิ 360° ซ สารที่ใช้เคลือบคือ โพลีเอทิลีนขนาด 190-390 ไมโครเมตร ใช้เวลาเคลือบ 6 วินาที ก๊าซที่ใช้ในฟลูอิด์เบด คือ ไนโตรเจนที่ความดัน 4 บรรยากาศ อุณหภูมิ 20° ซ วัดความหนาของฟิล์มได้ 0.5 มิลลิเมตร

E. Gemmer (16) ปี ค.ศ. 1963 เคลือบแท่งอลูมิเนียมขนาด 6.25 x 1.25 ซม. ที่มีอุณหภูมิ 204° ซ สารที่ใช้เคลือบคือ เอพอกซีเรซิน (epoxy resin) ขนาด 70 mesh ผสมกับไดไซยาไดอะไมด์ (dicyandiamide) ขนาด 100 mesh ปริมาณ 70% โดยน้ำหนัก จุ่มแท่งอลูมิเนียมเนี่ยมที่ร้อนในฟลูอิด์เบด 4-6 วินาที ได้ฟิล์มหนา 0.25 - 0.375 มิลลิเมตร

E. Gemmer (17) ปี ค.ศ. 1965 เคลือบแท่งเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 ซม. ยาว 6.25 ซม. ที่มีอุณหภูมิ 325 °ซ สารที่ใช้เคลือบ คือ ไนลอนขนาด 70 mesh จุ่มแท่งเหล็กในฟลูอิดซ์เบด 3-4 วินาที ได้ฟิล์มหนา 0.25 - 0.30 มิลลิเมตร

S. Corrieia และ R. Abel (18) ปี ค.ศ. 1977 ศึกษาการเคลือบวัตถุที่เป็นแก้ว โดยนำไปอบให้มีอุณหภูมิ 320-380 °ซ จุ่มในเบดที่เป็นผงโพลีเมอร์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โพลีเอทิลีน โพลีไวนิลคลอไรด์ ไนลอน หลังจากนั้นนำมาเข้าเตาอบอีกครั้ง ได้ฟิล์มหนา 0.04 - 0.50 มิลลิเมตร

C. Felsch (19) ปี ค.ศ. 1982 เคลือบเส้นลวดด้วยโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) เพื่อป้องกันการเกิดสนิม เคลือบในฟลูอิดซ์เบด ได้ฟิล์มหนา 0.2-0.3 มิลลิเมตร

H. Matsumoto และคณะ (20) จากบริษัท Nippon Steel Corp. ปี ค.ศ. 1986 เคลือบแผ่นโลหะขนาด 70 x 150 x 3.2 มิลลิเมตร โดยให้โลหะมีอุณหภูมิ 300 °ซ จุ่มในฟลูอิดซ์เบดที่เป็นเม็ดโพลีเมอร์ชนิดโพลีทีน (แปรรูปมาจากโพลีเอทิลีน) ได้ฟิล์มหนา 0.35 - 0.45 มิลลิเมตร