

บทที่ 4

เครื่องมือและวิธีการทดลอง

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ผลกระทบของการใช้น้ำร้อนในกระบวนการผลิตพีวีซีเรซินต่อคุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ได้ทำการทดลอง ณ.โรงงานของบริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด(มหาชน) ที่อำเภอ พระประแดง จังหวัด สมุทรปราการ โดยทดลองที่สายการผลิตที่ 1 และ 3 โดยที่สายการผลิตที่ 1 มีถังปฏิกรณ์ ขนาด 20 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 ถัง และ สายการผลิตที่ 3 มีถังปฏิกรณ์ ขนาด 80 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ถัง

4.2 ขั้นตอนการผลิตแบบปกติ

ขั้นตอนการผลิตพีวีซีเรซินในส่วนของการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของบริษัท ไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) ซึ่งผลิตโดยวิธีการผลิตแบบแขวนลอย เป็นดังนี้

4.2.1 สายการผลิตที่ 1

- 4.2.1.1 เติม น้ำ ตัวเริ่มปฏิกิริยา ที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์
- 4.2.1.2 ดึงอากาศที่ค้างอยู่ในถังปฏิกรณ์ออก
- 4.2.1.3 เติม สารลดแรงตึงผิว ที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์
- 4.2.1.4 เติม ไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ ที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์
- 4.2.1.5 กวนวัตถุดิบภายในถังปฏิกรณ์ตามเวลาที่กำหนด
- 4.2.1.6 ให้ความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัตถุดิบภายในถังปฏิกรณ์ โดยการหมุนเวียนน้ำร้อนรอบผนังชั้นนอกของถังปฏิกรณ์

4.2.1.7 ทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์

4.2.1.8 เมื่อจบปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ ทำการนำไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ที่ไม่เกิดปฏิกิริยาออกจากถังปฏิกรณ์

4.2.1.9 ถ่ายพีวีซีเรซินที่อยู่ในรูปสเลอรี่ออกจากถังปฏิกรณ์

4.2.1.10 ใช้น้ำล้างทำความสะอาดถังปฏิกรณ์

พีวีซีเรซินที่ถ่ายออกจากถังปฏิกรณ์จะถูกส่งเข้าไปยังขั้นตอนต่างๆ ของส่วนการทำให้แห้งต่อไป

4.2.2 สายการผลิตที่ 3

4.2.2.1 เติม น้ำ ที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์ และดึงอากาศที่ค้างอยู่ในถังปฏิกรณ์ออก

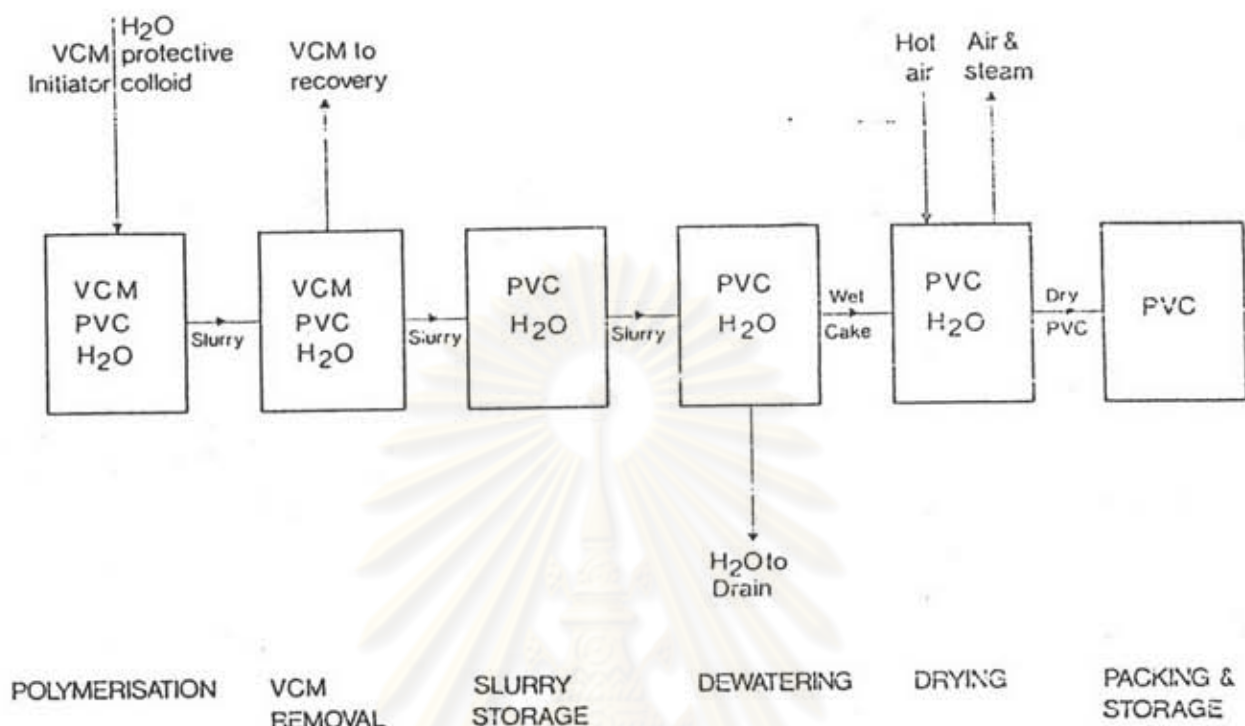
4.2.2.2 เติม สารลดแรงตึงผิว ที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์

4.2.2.3 เติม ตัวเริ่มปฏิกิริยา และไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ ที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์

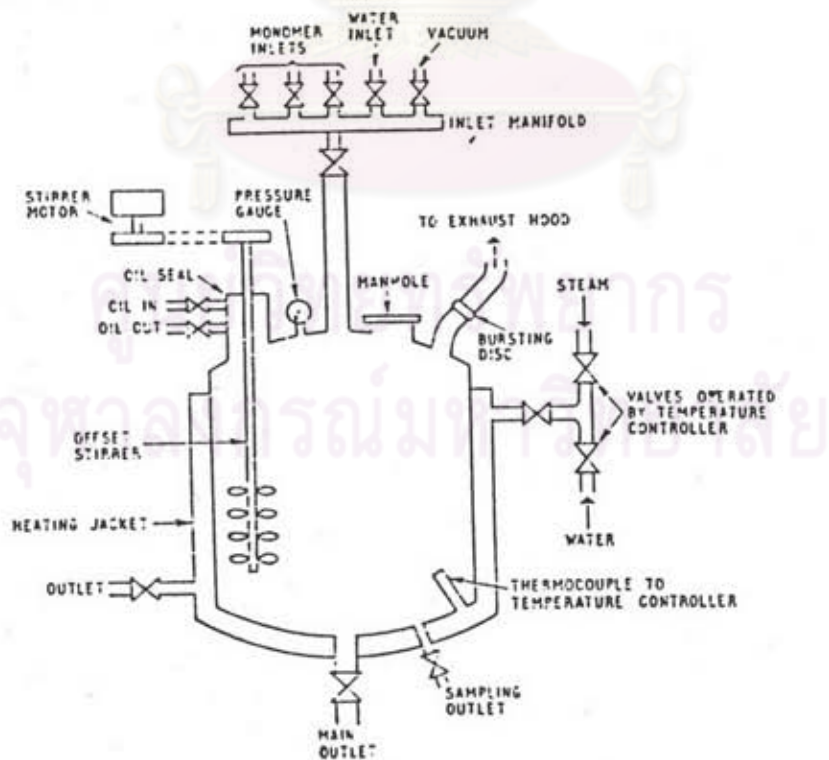
4.2.2.4 ทำการผลิตตามขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ 4.2.1.6 ถึง 4.2.1.10

ขั้นตอนของกระบวนการผลิตพีวีซีเรซินและถังปฏิกรณ์ ที่ใช้ในการผลิตพีวีซีเรซิน โดยวิธีการผลิตแบบแขวนลอย แสดงได้ดังในรูปที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนของกระบวนการผลิตพีวีซีเรซินโดยวิธีการผลิตแบบแขวนลอย [14]



รูปที่ 4.2 ดังปฏิกิริยาที่ใช้ในการผลิตพีวีซีเรซินโดยวิธีการผลิตแบบแขวนลอย [15]

4.3 วิธีการทดลอง

4.3.1 สายการผลิตที่ 1

4.3.1.1 เติมน้ำที่ใช้ในการผลิตลงในถังปฏิกรณ์ ตามจำนวนที่กำหนดไว้ในสูตรการผลิต

4.3.1.2 ปรับอุณหภูมิของน้ำภายในถังปฏิกรณ์ โดยการใช้น้ำร้อนหมุนเวียนภายในผนังชั้นนอก (Jacket) ของถังปฏิกรณ์ เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำให้ได้ตามอุณหภูมิที่จะทดลองผลิต โดยทดลองผลิตที่อุณหภูมิของน้ำ เท่ากับ 40 , 42 , 44 , 46 , 48 , 50 องศาเซลเซียส

4.3.1.3 หลังจากปรับอุณหภูมิของน้ำภายในถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการผลิต ได้ตามอุณหภูมิที่จะทดลองผลิตแล้ว จะดำเนินการผลิตต่อตามขั้นตอนการผลิตแบบปกติ ของโรงงาน

4.3.1.4 เมื่อถึงขั้นตอนการให้ความร้อน (Heat Up) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัตถุดิบในถังปฏิกรณ์ให้เข้าใกล้อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา ซึ่งทำโดยการหมุนเวียนน้ำร้อนรอบผนังชั้นนอกของถังปฏิกรณ์ โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน จะจับเวลาการให้ความร้อนเมื่อเริ่มเปิดไอน้ำเข้า

4.3.1.5 เมื่อถึงจุดที่จะหยุดให้ความร้อน จะปิดวาล์วไอน้ำที่ให้ความร้อนและหยุดจับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มความร้อน

4.3.1.6 ดำเนินการผลิตต่อตามขั้นตอนการผลิตแบบปกติของโรงงาน

4.3.1.7 ทำการทดลองทั้ง 4 ถังปฏิกรณ์ สำหรับทุกๆ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต

4.3.2 สายการผลิตที่ 3

4.3.2.1 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 4.3.1.1 ถึง 4.3.1.3

4.3.2.2 เมื่อถึงขั้นตอนการให้ความร้อน (Heat Up) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัตถุดิบในถังปฏิกรณ์ให้เข้าใกล้อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยา ซึ่งทำโดยการหมุนเวียนน้ำร้อนรอบ

ผนังชั้นนอกของถังปฏิกรณ์ โดยใช้ไอน้ำเป็นตัวให้ความร้อน สำหรับสายการผลิตที่ 3 การให้ความร้อนและการหยุดให้ความร้อน จะทำงานโดยระบบอัตโนมัติ คือ วาล์วไอน้ำ จะเปิดหลังจากที่เติมไว้นิลกลอไรด์มอนอเมอร์ครบแล้วและวาล์วไอน้ำจะปิดเมื่ออุณหภูมิของวัตถุดิบภายในถังปฏิกรณ์ถึงอุณหภูมิที่กำหนดไว้

4.3.2.3 ดำเนินการผลิตต่อตามขั้นตอนการผลิตแบบปกติของโรงงาน

4.3.2.4 ทำการทดลองทั้ง 2 ถังปฏิกรณ์ สำหรับทุกๆ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้

สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ จะใช้ผลการวิเคราะห์ที่จัดทำโดยแผนกประกันคุณภาพ ของบริษัทไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) โดยคุณภาพของพีวีซีเรซินที่จะศึกษาผลกระทบจากการใช้น้ำร้อนในการผลิต คือ

4.4.1.1 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (Bulk Density)

4.4.1.2 การกระจายขนาด และ ค่าเฉลี่ยของขนาด ของพีวีซีเรซิน (Particle Size Distribution and Mean Particle Size)

4.4.1.3 การหลอมตัวของพีวีซีเรซิน (Fish Eye)

4.4.1.4 ค่ารูพรุน (Porosity)

4.4.2 การวิเคราะห์ผลของเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ

4.4.2.1 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ(Heat Up) โดยเฉลี่ยของสายการผลิตที่ 1 และ 3 ที่ใช้ในการผลิตแบบปกติ กับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ ที่ได้จากการทดลองผลิตโดยใช้น้ำร้อนในการผลิต

4.4.2.2 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำการผลิตหนึ่งรอบ ของการผลิตแบบปกติกับการทดลองผลิตโดยใช้น้ำร้อนในการผลิต

4.4.3 การวิเคราะห์ผลทางด้านค่าใช้จ่ายในการผลิต

4.4.3.1 กำหนดปริมาณความร้อน ที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ (Heat up) โดยเปรียบเทียบระหว่างการทดลองโดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิต

4.3.3.2 กำหนดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างการทดลองโดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิต

4.5 วิธีการวิเคราะห์คุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้

การวิเคราะห์คุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ของบริษัทไทยพลาสติกและเคมีภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

4.5.1 ความหนาแน่นเชิงปริมาตร

อุปกรณ์ที่ใช้

- กรวยทำด้วยโลหะมีฝาปิด รูเปิดอยู่ด้านล่างของกรวย
- กระจกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม
- แผ่นเหล็กขอบตรง

วิธีการทดลอง

1. ปิดรูที่ปลายด้านล่างของกรวยด้วยแผ่นเหล็ก และนำกระจกตวงไปวางไว้ใต้กรวย
2. ตวงพีวีซีเรซิน 100 - 120 มิลลิลิตร เทลงในกรวย คึงแผ่นเหล็กที่ปิดปลายด้านล่างของกรวยออก เพื่อให้ผงพีวีซีเรซินไหลลงสู่กระจกตวง

3. หลังจากผงพีวีซีเรซินไหลผ่านกรวยหมดแล้ว ให้ใช้แผ่นเหล็กขอบตรงปาดเอา พีวีซีเรซินที่เกินบนกระบอกดวงออก
4. ชั่งน้ำหนักของพีวีซีเรซินในกระบอกดวงเป็นกรัม

วิธีการคำนวณ

ความหนาแน่นเชิงปริมาตร = น้ำหนักพีวีซีเรซินที่อยู่ในกระบอกดวง (กรัม) / ปริมาตรของกระบอกดวง (มิลลิลิตร)

การรายงานผล

รายงานผลค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยมีหน่วยเป็น กรัม / มิลลิลิตร

4.5.2 การกระจายขนาดและค่าเฉลี่ยของขนาด

อุปกรณ์ที่ใช้

- ตะแกรงร่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว (ตามข้อกำหนดของ ASTM) ซึ่งมีขนาดรูเปิดของตะแกรงดังนี้ 50 , 60 , 80 , 100 , 120 , 140 , 200 และ 270 เมช (mesh) พร้อมทั้งฝาปิด และถาดรอง
- เครื่องเขย่า (Mechanical Shaker Device)
- เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม

วิธีการทดลอง

1. ชั่งและบันทึกน้ำหนักตะแกรงชั้นต่างๆ และนำมาวางซ้อนกัน โดยให้ชั้นที่หยาบที่สุดอยู่ทางด้านบน ชั้นล่างสุดรองด้วยถาดรอง
2. ชั่งพีวีซีเรซินจำนวน 50 กรัม แล้วนำไปใส่บนตะแกรงชั้นบนสุด ปิดฝา และ นำเข้าเครื่องเขย่า เขย่าเป็นเวลา 10 นาที
3. นำตะแกรงแต่ละชั้นชั่งหาน้ำหนัก
4. ป้อนข้อมูลน้ำหนักเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมตามที่กำหนดไว้
5. บันทึกผลการกระจายขนาดและค่าเฉลี่ยของขนาดที่ได้

วิธีการคำนวณ

คำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนไว้

การรายงานผล

รายงานผลค่าเฉลี่ยของขนาด ในหน่วยไมครอน

4.5.3 การหลอมตัวของพีวีซีเรซินโดยการทดสอบค่าฟิชอาย (Fish Eye)

อุปกรณ์ที่ใช้

- เครื่องรีดชนิดสองลูกกลิ้ง (Two Roll Mill) ซึ่งควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติได้
- กระบอกลดแรงดัน
- เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 กรัม
- นาฬิกาจับเวลา
- โตะสำหรับตรวจสอบชิ้นงานพร้อมไฟแสงสว่าง

วิธีการทดลอง

1. ชั่งส่วนผสมต่างๆ คือ พีวีซีเรซิน พลาสติกไซเซอร์ สเตบิลไลเซอร์ และ ผงสี ตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละสูตรของพีวีซีเรซิน ลงในกระบอกลดแรงดัน และ คนผสมให้เข้ากัน
2. ใส่ส่วนผสมที่ได้บนเครื่องรีดชนิดสองลูกกลิ้ง ซึ่งตั้งอุณหภูมิตามที่ต้องการทดสอบ และตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งสองลูกเท่ากับ 0.4 มิลลิเมตร
3. เดินเครื่อง เครื่องรีดชนิดสองลูกกลิ้ง พร้อมทั้งจับเวลา ปล่อยให้ลูกกลิ้งหมุนจนครบเวลาที่กำหนดจึงหยุดเครื่อง
4. นำแผ่นพีวีซีที่ได้จากการรีดออกจากลูกกลิ้ง

วิธีการคำนวณ

- การตรวจสอบจำนวนจุดฟิชอย

1. นำแผ่นพีวีซีวางบนโต๊ะสำหรับตรวจสอบชิ้นงาน
2. นับจำนวนจุดฟิชอยขนาดต่างๆ ดังนี้
 - 2.1 ขนาดเล็ก เล็กกว่า 0.2 มิลลิเมตร
 - 2.2 ขนาดกลาง 0.2 - 0.5 มิลลิเมตร
 - 2.3 ขนาดใหญ่ ใหญ่กว่า 0.5 มิลลิเมตร

- การนับและการรายงานผล

1. นับจำนวนจุดฟิชอย ขนาดใหญ่และขนาดกลางในกรอบขนาด 10 X 15 เซนติเมตร
การรายงานผล = จำนวนจุดฟิชอยที่นับได้ทั้งหมด

2. นับจำนวนจุดฟิชอย ขนาดเล็ก

- 2.1 เริ่มนับช่องหมายเลข 1 และ 4

- ถ้าจำนวนจุดฟิชอยมากกว่า 40 จุด

การรายงานผล = จำนวนจุดฟิชอยที่นับได้ทั้งหมด X 2

- ถ้าจำนวนจุดฟิชอยน้อยกว่า 40 จุด ให้ดำเนินการในข้อ 2.2

- 2.2 นับจำนวนจุดฟิชอยในช่องหมายเลข 1 , 2 , 3 , 4

การรายงานผล = จำนวนจุดฟิชอยที่นับได้ทั้งหมด

1	2
3	4

รายงานผล

รายงานผลจำนวนจุดฟิชอย = จำนวนจุดฟิชอยขนาดเล็ก - จำนวนจุดฟิชอยขนาด
กลาง - จำนวนจุดฟิชอยขนาดใหญ่ เช่น 12 - 1 - 0

การจัดลำดับคุณภาพของพีวีซีเรซินตามจำนวนจุดฟิชอย

เกรด	จำนวนจุดฟิชอย		รวม	ผลลัพธ์
	ขนาดเล็ก	ขนาดกลาง + ขนาดใหญ่		
A	1 - 10	0 - 5		ผ่าน
B	1 - 10	6 - 10		ผ่าน
C	> 10	-	11 - 20	ผ่าน
D	-	-	21 - 40	ผ่าน
E	-	-	41 - 100	ผ่าน
F	-	-	> 100	ไม่ผ่าน

4.5.4 การหาค่ารพูนโดยการหาค่าพลาสติกไซเซอร์เทกอัพ (Plasticizer Take Up)

อุปกรณ์ที่ใช้

- เครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge)
- ซินเทอร์เรตกลาส (Sintered glass) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร
- เครื่องชั่งความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม

วิธีการทดลอง

1. ชั่งซินเทอร์เรตกลาสด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งพีวีซีเรซิน 5.0000 กรัม บันทึกผลทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ในซินเทอร์เรตกลาส เติมน้ำมันพลาสติกไซเซอร์ ไดออกทิลฟทาเลต (Di-octyl phthalate , DOP) ประมาณ 5 กรัม
3. ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
4. ใส่ซินเทอร์เรตกลาสลงในหลอดของเครื่องเหวี่ยงแยก (Centrifuge tube) ที่มีกระดาษทิชชูรองอยู่ภายในด้านล่าง
5. นำเข้าเครื่องเหวี่ยงแยก ที่ 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

6. เปลี่ยนทิศทางที่รองอยู่ในหลอดของเครื่องเหวี่ยงแยกและทำการเหวี่ยงแยกต่ออีก 15 นาที ที่ 3000 รอบต่อนาที
7. เช็ด DOP บนซินเทอเรตกลาส ชั่งน้ำหนักบันทึกผล
8. ทดสอบพีวีซีเรซินที่ใช้อ้างอิงด้วยทุกครั้ง

วิธีการคำนวณ

ค่าพลาสติกไฮเซอรเทกอล์ฟที่ทดลอง (per hundred resin , phr) =

(น้ำหนัก DOP ที่ถูกดูดซับ X 100) / 5

แฟคเตอร์ = (ค่าพลาสติกไฮเซอรเทกอล์ฟอ้างอิงของพีวีซีเรซินที่ใช้อ้างอิง) / (ค่าพลาสติกไฮเซอรเทกอล์ฟทดลองของพีวีซีเรซินที่ใช้อ้างอิง)

การรายงานผล

รายงานผลการทดสอบในหน่วยเปอร์เซ็นต์การดูดซับ DOP ของพีวีซีเรซิน (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง)

โดยค่าพลาสติกไฮเซอรเทกอล์ฟ (รายงานผล) = ค่าพลาสติกไฮเซอรเทกอล์ฟทดลอง X แฟคเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย