

บทที่ 3

การทดลอง

3.1. วัสดุ เครื่องจักรและเครื่องมือวัด

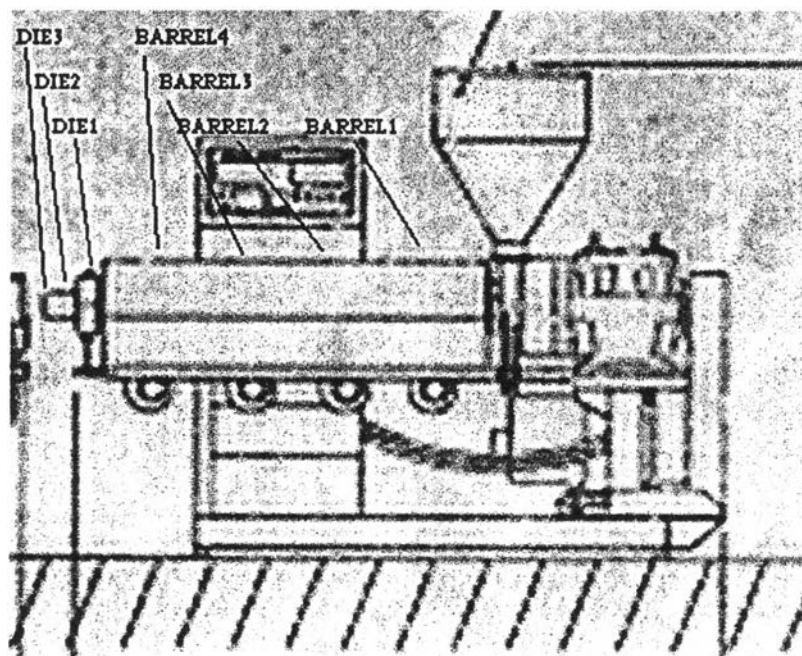
ก. วัสดุ

พีวีซี ผสม พลาสติกไซเซออร์ DOP 53 phr

ข. เครื่องจักรและเครื่องมือวัด

3.1.1 เครื่องอัดรีด (Extruder) (Betol BC 60) เส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวหนอน 60 mm อัตราส่วน L/D 24/1 อัตราส่วนการอัดของเกลียวหนอน (Screw compression ratio) 3:1 ช่วงความเร็วการอัดรีด 17-100 รอบต่อนาที

ตำแหน่งของการวัดและควบคุมอุณหภูมิแต่ละช่วงแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งการวัดและควบคุมอุณหภูมิแต่ละช่วงของเครื่องอัดรีด

3.1.2 เครื่องมือวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง คือ Profile Projector Nikon รุ่น V-12A กำลังขยาย 10 เท่า

3.2. วิธีการทดลอง

3.2.1 ทำการอัดรีดท่อพีวีซีชนิดอ่อนด้วยเครื่องอัดรีด Betol BC 60

3.2.2 ปรับเงื่อนไขการอัดรีดต่าง ๆ ตามที่ต้องการ (รายละเอียดของเงื่อนไขที่ทดลองโดยเรียงลำดับตามลำดับการทดลองแสดงในตารางที่ 3.1

3.2.3 รวบรวมกระทั่งอุณหภูมิการอัดรีดที่วัดได้จริง แสดงค่าเท่ากับค่าที่ปรับตั้ง

3.2.4 ปรับความเร็วในการดึงท่อ และความดันในรางน้ำหล่อเย็นให้ขนาดของท่อ มีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ 6.0 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อมีค่า 3.4 มิลลิเมตร

3.2.5 เก็บตัวอย่างสำหรับการทดลองโดยเก็บตัวอย่างกลุ่มละ 50 เมตร จำนวน 6 กลุ่ม เรียงลำดับอย่างต่อเนื่อง

3.2.6 วัดความยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในก่อนการฆ่าเชื้อ และหลังฆ่าเชื้อครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ ด้วยเงื่อนไขการฆ่าเชื้อมาตรฐานของโรงงานต้นแบบตามที่กล่าวในหัวข้อ 3.3

3.3. กระบวนการฆ่าเชื้อ

3.3.1 ช่วงอบให้ความร้อนเบื้องต้น กระทำโดยเครื่องอบแห้ง (Dryer) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

3.3.2 ช่วงฆ่าเชื้อ กระทำโดยเครื่องอบไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 117 องศาเซลเซียส ความดัน 87 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร เป็นเวลา 40 นาที

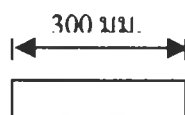
3.3.3 ช่วงอบแห้ง กระทำโดยเครื่องอบแห้ง (Dryer) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

3.4. ขั้นตอนการทดลอง

ชุดที่ 1 ตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดมาตรฐานและสภาวะที่ 1-8 (จากตารางที่ 3.1)

3.4.1 การหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวทางด้านความยาวของท่อก่อนและหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 และ 2

3.4.1ก ตัดท่อความยาว 300 มม. จำนวน 20 เส้นต่อกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.2.5



3.4.1ข นำตัวอย่างทั้งหมดฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 (ด้วยสภาวะมาตรฐานของโรงงานต้นแบบ)

3.4.1ค บันทึกความยาวหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

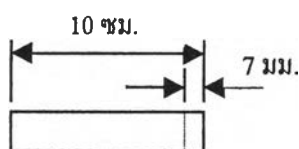
3.4.1ง ฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 (ด้วยสภาวะเดิม)

3.4.1จ บันทึกความยาวหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 2

3.4.2 การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางก่อนและหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

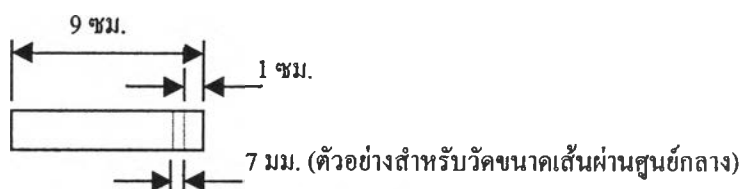
3.4.2ก เตรียมตัวอย่างสำหรับทดลองโดยตัดต่อความยาวประมาณ 10 ซม. ต่อชิ้น จำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 กลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.2.5

3.4.2ข วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในก่อนการฆ่าเชื้อ โดยตัดชิ้นงานตัวอย่างจากข้อ 3.4.2ก ที่ความยาวประมาณ 7 มม. ต่อชิ้น แล้ววัดด้วย Profile Projector Nikon รุ่น V-12A



3.4.2ค นำตัวอย่างที่เหลือจากการตัดจากข้อ 3.4.2ข ไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

3.4.2ง ตัดต่อที่ผ่านการฆ่าเชื้อจากข้อ 3.4.2ข ปลายข้างหนึ่งทิ้งประมาณ 1 ซม. แล้วตัดตัวอย่างบริเวณที่อยู่ถัดจากด้านดังกล่าวประมาณ 7 มม. นำไปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1



3.4.3 การหาเปอร์เซ็นต์การหดตัวของท่อหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 3 และ 4 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 2, 3 และ 4

3.4.3ก สุ่มตัวอย่างจากขั้นตอนที่ 3.4.1จ จำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 กลุ่มตัวอย่าง

3.4.3ข วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในของตัวอย่างจากข้อ 3.4.3ก หลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการเดียวกับขั้นตอนที่ 3.4.2ง

3.4.3ค วัดความยาวของตัวอย่างที่เหลือจากการตัดในข้อ 3.4.3ข บันทึกเป็นความยาวก่อนการฆ่าเชื้อครั้งที่ 3

3.4.3ง นำตัวอย่างในข้อ 3.4.3ค ไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 3

3.4.3จ วัดความยาวของตัวอย่างในข้อ 3.4.3ง บันทึกเป็นความยาวหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 3

3.4.3ช วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในของตัวอย่างจากข้อ 3.4.3จ ด้วยวิธีการเดียวกับขั้นตอนที่ 3.4.2ง บันทึกเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลัง

การฆ่าเชื้อครั้งที่ 3

3.4.3ข วัดความยาวของตัวอย่างที่เหลือจากการตัดในข้อ 3.4.3ข บันทึกเป็นความยาวก่อนการฆ่าเชื้อครั้งที่ 4

3.4.3ฉ นำตัวอย่างในข้อ 3.4.3ข ไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 4

3.4.3ค วัดความยาวของตัวอย่างในข้อ 3.4.3ฉ บันทึกเป็นความยาวหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 4

3.4.3ด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในของตัวอย่างจากข้อ 3.4.3ค ด้วยวิธีการเดียวกับขั้นตอนที่ 3.4.2ง บันทึกเป็นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 4

ชุดที่ 2 ตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดที่ 9 (จากตารางที่ 3.1)

3.4.4 วัดความยาวท่อของก่อนและหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 - 4

3.4.4ก ตัดตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดที่ 9 ที่ความยาว 300 มม.ต่อชิ้น จำนวน 20 ชิ้นต่อกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.2.5 และบันทึกเป็นความยาวก่อนการฆ่าเชื้อ

3.4.4ข นำไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

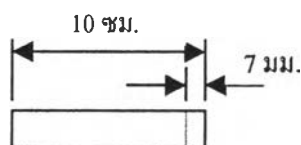
3.4.4ค วัดและบันทึกความยาวหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

3.4.4ง ทำซ้ำข้อ 3.4.4ข และ 3.4.4ค โดยนำไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 2, 3 และ 4 และวัดความยาวหลังการฆ่าเชื้อแต่ละครั้งตามลำดับ

3.4.5 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1-4

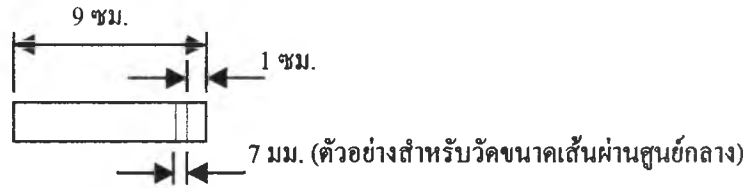
3.4.5ก เตรียมตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดที่ 9 ที่ความยาวประมาณ 10 ซม. ต่อชิ้น จำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 กลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.2.5

3.4.5ข ตัดตัวอย่างจากข้อ 3.4.5ก ที่ความยาว 7 มม. ต่อชิ้น วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในบันทึกเป็นค่าก่อนการฆ่าเชื้อ



3.4.5ค นำตัวอย่างที่เหลือจากการตัดในข้อ 3.4.5ข ไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

3.4.5ง ตัดปลายด้านหนึ่งของตัวอย่างจากข้อ 3.4.5ค ที่ประมาณ 1 ซม. แล้วตัดตัวอย่างสำหรับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 ที่ความยาวประมาณ 7 มม. ในด้านที่ติดกับด้านที่ตัดปลายทิ้ง



3.4.5จ ทำการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 2-4 ด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 3.4.5ค – 3.4.5ง

ชุดที่ 3 ตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดที่ 10 – 16

3.4.6 วัดความยาวของท่อนก่อนและหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 - 4

3.4.6ก ตัดตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดที่ 10-16 ที่ความยาว 300 มม. ต่อชิ้น จำนวน 5 ชิ้นต่อกลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.2.5 และบันทึกเป็นความยาวก่อนการฆ่าเชื้อ

3.4.6ข นำไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

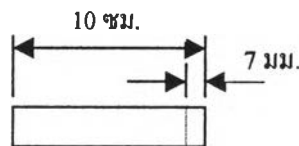
3.4.6ค วัดและบันทึกความยาวหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

3.4.6ง ทำซ้ำข้อ 3.4.6ข และ 3.4.6ค โดยนำไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 2, 3 และ 4 และวัดความยาวหลังการฆ่าเชื้อแต่ละครั้งตามลำดับ

3.4.7 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายใน ก่อนและหลังผ่านการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1-4

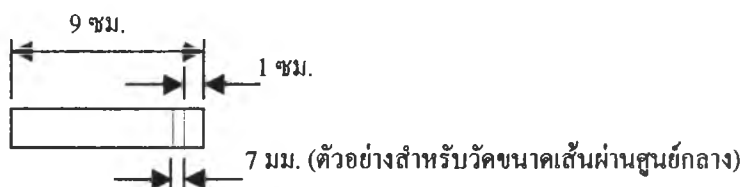
3.4.7ก เตรียมตัวอย่างจากสภาวะการอัดรีดที่ 10-16 ที่ความยาวประมาณ 10 ซม. ต่อชิ้น จำนวน 5 ชิ้นต่อ 1 กลุ่มตัวอย่างในข้อ 3.2.5

3.4.7ข ตัดตัวอย่างจากข้อ 3.4.7ก ที่ความยาว 7 มม. ต่อชิ้น วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในบันทึกเป็นค่าก่อนการฆ่าเชื้อ



3.4.7ค นำตัวอย่างที่เหลือจากการตัดในข้อ 3.4.7ข ไปฆ่าเชื้อครั้งที่ 1

3.4.7ง ตัดปลายด้านหนึ่งของตัวอย่างจากข้อ 3.4.7ค ที่ประมาณ 1 ซม. แล้วตัดตัวอย่างสำหรับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 1 ที่ความยาวประมาณ 7 มม. ในด้านที่ติดกับด้านที่ตัดปลายทิ้ง



3.4.7จ ทำการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลังการฆ่าเชื้อครั้งที่ 2-4 ด้วยวิธีการเดียวกับข้อ 3.4.7ค – 3.4.7ง

3.5. ขั้นตอนการประมวลผล

3.5.1 การแสดงผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านความยาวของท่อหลังการฆ่าเชื้อแต่ละครั้ง (แสดงเป็นเปอร์เซ็นต์การหดตัวสะสม)

3.5.1ก คำนวณเปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังการฆ่าเชื้อแต่ละรอบด้วยสมการ (3.1)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัว} = \frac{\text{ความยาวก่อนฆ่าเชื้อ} - \text{ความยาวหลังฆ่าเชื้อ}}{\text{ความยาวก่อนฆ่าเชื้อ}} \times 100 \quad (3.1)$$

โดยใช้ความยาวเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การหดตัวของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

3.5.1ข คำนวณเปอร์เซ็นต์การหดตัวสะสมของการฆ่าเชื้อแต่ละรอบ ของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

3.5.1ค คำนวณค่าเฉลี่ยรวมของเปอร์เซ็นต์การหดตัวสะสมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 กลุ่ม (ต่อ 1 สภาวะการอัดรีด) สำหรับแต่ละรอบของการฆ่าเชื้อ และหาค่าเบี่ยงเบนของเปอร์เซ็นต์การหดตัวสะสมโดยใช้ค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของกลุ่มตัวอย่าง แสดงขอบเขตของการเบี่ยงเบนในแต่ละรอบของการฆ่าเชื้อ

3.5.2 การแสดงผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายในหลังการฆ่าเชื้อแต่ละครั้ง (แสดงหน่วยเป็นมิลลิเมตร)

3.5.2ก คำนวณค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก และภายในของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

3.5.2ข คำนวณค่าเฉลี่ยรวมจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 6 กลุ่มของการฆ่าเชื้อแต่ละรอบ

3.5.2ค หาค่าเบี่ยงเบน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำที่สุดแสดงขอบเขตของการเบี่ยงเบนในแต่ละรอบของการฆ่าเชื้อ

3.5.3 การแสดงผลการเปลี่ยนแปลงทางด้านปริมาตรของเนื้อพลาสติกภายหลังการฆ่าเชื้อแต่ละครั้ง (แสดงหน่วยเป็นลูกบาศก์มิลลิเมตร)

3.5.3ก สมมติค่าความยาวเริ่มต้นของท่อก่อนการฆ่าเชื้อเป็น 100 มม.

3.5.3ข จำนวนค่าความยาวหลังการฆ่าเชื้อแต่ละรอบด้วยสมการ (3.2)

$$\text{ความยาวหลังการฆ่าเชื้อ}(L_i) = \frac{\text{ความยาวก่อนฆ่าเชื้อรอบนั้น}}{1 - \frac{\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัว}}{100}} \quad (3.2)$$

โดยที่เปอร์เซ็นต์การหดตัว คือ ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

3.5.3ค จำนวนปริมาตรของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มก่อนและหลังการฆ่าเชื้อด้วยสมการ (3.3)

$$\text{ปริมาตร } (V_i) = \frac{\pi(OD_i^2 - ID_i^2)}{4} \times L_i \quad (3.3)$$

โดยที่ OD_i คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

ID_i คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

L_i คือ ค่าเฉลี่ยของความยาวของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มที่ได้จากการ
คำนวณค่าสมมติในขั้นตอนที่ 3.5.3ข

V_i คือ ปริมาตรเนื้อพลาสติกเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

3.5.3ง จำนวนปริมาตรเฉลี่ยรวมของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 6 กลุ่มของการฆ่าเชื้อ
แต่ละรอบ

3.5.3จ หาค่าเบี่ยงเบนโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาตรสูงที่สุดและต่ำที่สุดแสดงขอบเขต
ของการเบี่ยงเบนในแต่ละรอบของการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 3.1 เส้นใยการอัดรีดท่อที่ทำการทดลอง

No.	อุณหภูมิการอัดรีด (C)							Screw Speed (rpm)	Cooling Temp. (C)
	Die3	Die2	Die1	Barrel4	Barrel3	Barrel2	Barrel1		
มาตรฐาน	166	165	157	155	155	150	145	56	16
1	166	165	157	155	155	150	145	46	16
2	166	165	157	155	160	150	145	46	16
3	165	165	162	155	155	150	145	46	16
4	165	165	157	160	155	150	145	46	16
5	166	165	157	155	155	155	145	46	16
6	166	165	157	155	155	150	150	46	16
7	170	165	157	155	155	150	145	46	16
8	169	170	157	155	155	150	145	46	16
9	165	165	157	155	155	150	145	46	21
10	166	165	157	155	155	155	145	56	16
11	170	165	157	155	155	155	145	56	16
12	170	165	157	155	155	150	145	56	16
13	166	165	157	155	155	155	155	56	16
14	170	165	157	155	155	155	155	46	16
15	166	165	157	155	155	155	145	56	21
16	166	165	157	155	155	150	145	56	21