การออกแบบและสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงานอัดรีดฟิล์มพลาสติก

Design and Create of PC-Tool Program for Cast-Film Extrusion

ธีระศักดิ์ จันทสุวรรณ[1] นรินทร์ ศรีมนตรีกุล[1] ลดาวัลย์ เพียรทำ[2] วีรศักดิ์ หมู่เจริญ[1] และ ชวลิต แสงสวัสดิ์[1]

บทคัดย่อ:

โครงงานนี้เป็นโครงงานการพัฒนาการออกแบบ และสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับงานอัดรีดฟิล์มพลาสติก โดยใช้โปรแกรม Visual Basic. net ในการเขียนโปรแกรม เครื่องจักรที่ใช้ในการทดสอบ เป็นเครื่องอัดรีดฟิล์มพลาสติกชนิด 3 layers ใช้กับวัตถุดิบคือพลาสติกชนิด พอลิพรอพิลีน โปรแกรมนี้จะช่วยคำนวณสภาวะการตั้งเครื่องอัดรีดฟิล์มพลาสติก ซึ่งจะออกมาในรูปแบบของใบตั้งเครื่อง (Data sheet) ทำให้เกิดความสะดวกในการปรับตั้งเครื่องจักร ประหยัดเวลาและวัตถุดิบ ในการทดลองได้ทำการทดลองโดยใช้น้ำหนักความหนาและอัตราการผลิตของฟิล์มมาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปเปรียบเทียบ กับค่าที่ได้จากการคำนวณ จากผลการทดลองค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกันมาก ซึ่งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: การหล่อฟิล์ม, พอลิพรอพิลีน, Visual Basic.net

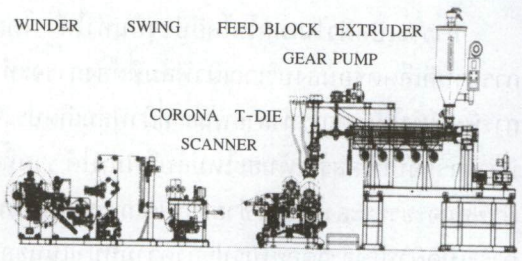
1. บทนำ

การควบคุมการผลิตฟิล์มพอลิพรอพิลีน ในประเทศไทยปัจจุบันมีความยุ่งยากเสียเวลามาก เนื่องจากต้องใช้เครื่องจักรที่ซับซ้อน เทคโนโลยีทันสมัยและนำเข้าทั้งหมดจากต่างประเทศ เช่น เยอรมัน, อิตาลี, ญี่ปุ่น และไต้หวัน อีกทั้งต้องการบุคลากรที่ชำนาญงานมีประสบการณ์สูง ควบคุมและสังเกต การผลิตอยู่ตลอดเวลา จึงจะสามารถผลิตฟิล์มที่มีคุณภาพออกมาได้ แต่ผลที่ได้ออกมาก็ไม่น่าพอใจนักสูญเสียเกินกว่า 30 % ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศไม่สมบูรณ์แบบ ส่วนใหญ่เป็นแค่เพียงให้พอผลิตได้เท่านั้น ทางแก้ไขที่ทางโรงงานทำกันในปัจจุบันคือใช้ผู้มีประสบการณ์ เข้าควบคุมหน้างาน ไม่ได้ใช้เทคนิคคำนวณตัวแปรการผลิตต่าง ๆ แล้วออกใบตั้งเครื่อง (Machine Set-Up Sheet) จากแผนกวางแผนการผลิต เนื่องจากขาดความรู้เชิงเทคโนโลยีพลาสติก ประกอบกับต้องใช้คณิตศาสตร์เชิงวิศวกรรมเข้าแก้ไขปัญหาด้วย จากเหตุผลและปัญหาที่กล่าวมาตอนต้น ทางบริษัทและผู้ดำเนินโครงการวิจัย จึงมีความคิดที่จะออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งช่วยคำนวณงานอัดรีดฟิล์มพลาสติกที่มีเมนูการแก้ปัญหาเทคนิค (Trouble shooting quide) รวมอยู่ด้วย ให้ใช้งานได้ง่ายลดปัญหาการคำนวณอันยุ่งยากลง พนักงานในแผนกวางแผนการผลิตที่ไม่มีคุณวุฒิทางวิศวกรรมศาสตร์ก็จะสามารถกรอกค่าคงที่ และตัวแปรต่าง ๆ ลงไปเพื่อให้โปรแกรมทำการคำนวณและพิมพ์ใบสั่งตั้งเครื่องได้

2. กระบวนการอัดรีดฟิล์มพลาสติก (CAST FILM EXTRUSION)

การผลิตฟิล์มพลาสติกด้วยวิธีการอัดรีดแบบนี้จะได้ฟิล์มบางมาก ความยาวต่อเนื่องไม่ต้องเสียเวลาคลี่ฟิล์มออกสะดวกกว่าการเป่าฟิล์มเป็นถุง สายการผลิตโดยทั่วไปจะคล้ายคลึงกับตัวอย่างดังรูปด้านล่าง

[1] ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
โทร/โทรสาร (02) 549-3490 E-mail: sangswad@rmut.ac.th
[2] บริษัทเตชะ แอนด ซัน จำกัด

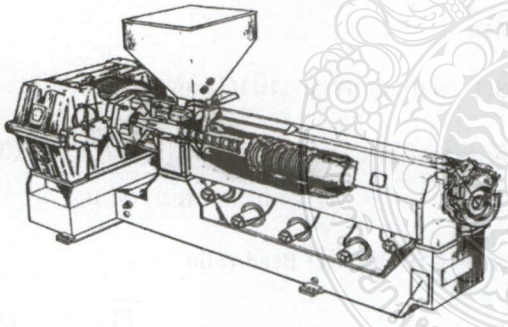


รูปที่ 1. เครื่องอัดรีดฟิล์มพลาสติก

ทั้งนี้อุปกรณ์หลักของสายการผลิตมีดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องอัดรีด (Extruder)

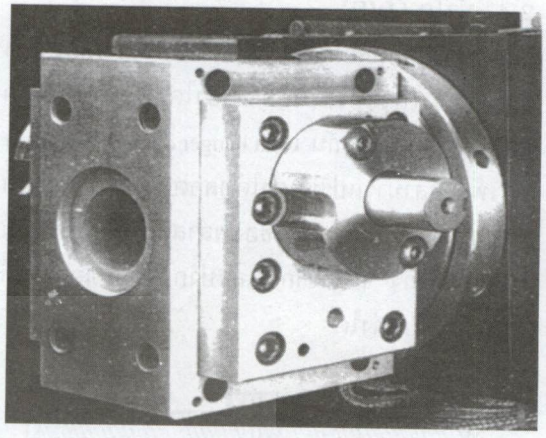
เครื่องอัดรีดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอัดรีดหลอมเม็ดพลาสติกจากสภาพของแข็งให้เป็นของเหลว พร้อมทั้งมีความดันด้วย มีการให้ความร้อนจาก 2 แหล่งคือ จากฮีทเตอร์และจากการขัดสีกันของเม็ดพลาสติกภายในกระบอกอัดรีด ซึ่งต้องควบคุมความร้อนให้เหมาะสมต่อการผลิต



รูปที่ 2. เครื่องอัดรีดชนิดสกรูเดี่ยว

2.2 เกียร์ปั๊ม(GEAR PUMP)

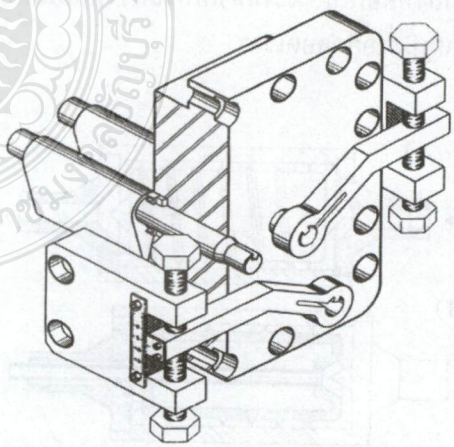
เกียร์ปั๊ม หรือเรียกว่า melt pumps เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพื่อปรับการไหลของพลาสติกหลอมให้ราบเรียบคงที่ และเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพิ่มความดันของพลาสติกหลอมที่ออกมาจากการขับของสกรูก่อนที่จะไปถึง **Feed Block** และ **Die** ต่อไป



รูปที่ 3. Gear pump

2.3 ชุดป้อนพลาสติกเหลว (FEED BLOCK)

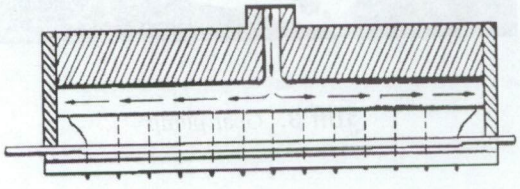
Feed Block เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับสายการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่มีความอ่อนตัว เช่น ถุงบรรจุขนม ถุงบรรจุบะหมี่สำเร็จรูป และอื่น ๆ ที่ต้องการฟิล์มซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น ปกติจะติดตั้ง Feed Block ไว้หน้าได (Die) เพื่อบังคับให้พลาสติกหลอมที่ไหลมาจากเครื่องอัดรีดตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ซ้อนประสานติดกันและไหลทะลุได ออกไปเป็นแผ่นฟิล์มเดียวกัน



รูปที่ 4. Feed Block ของฟิล์ม 3 ชั้น

2.4 หัวไดย (DIE)

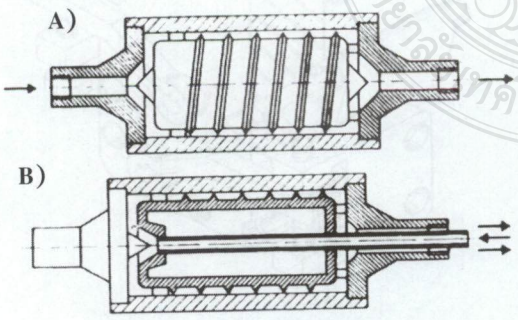
พลาสติกหลอมจะกระจายตัวออกจาก จุดกึ่งกลางของทางเข้าไปจนถึงส่วนปลายของได ดังนั้นไดจะถูกออกแบบให้มีทำนบกั้น Coat hanger dam และ Choker bar เพื่อให้สามารถปรับแต่งได้ตลอดความกว้างของได ซึ่งจะทำให้การกระจายตัวของพลาสติกหลอมนั้นเป็นไปอย่างทั่วถึง นอกจากนี้แล้วปากไดก็จะต้องทำให้สามารถปรับแต่งได้



รูปที่ 5. หัวไดชนิดรูปตัวที

2.5 ลูกกลิ้งหล่อเย็น (CHILL ROLL)

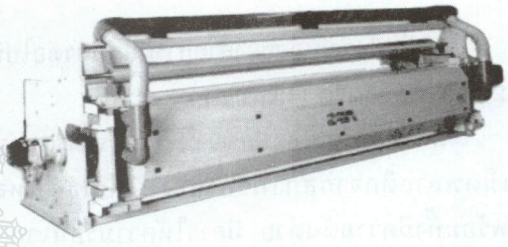
ลูกกลิ้งหล่อเย็นมีหน้าที่ทำให้ฟิล์มเกิดการเย็นตัว และ ยังเป็นตัวกำหนดความหนาของฟิล์มด้วย โดยกำหนดที่ความเร็วรอบในการหมุนของลูกกลิ้งซึ่งจะต้องสัมพันธ์ กับความหนืดของพลาสติกที่ไหลออกมา ลูกกลิ้งหล่อเย็น จะใช้น้ำเย็นในการหล่อเย็นทำให้อุณหภูมิต่ำอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 6. ลูกกลิ้งหล่อเย็น

2.6 เครื่องระเบิดผิว (CORONA TREATER)

การระเบิดผิวในเทคโนโลยีปัจจุบันทำได้ โดยการผ่านอิเล็คตรอนลงบริเวณผิวฟิล์มที่ต้องการจะทำการพิมพ์ทำให้เกิดการทำลายพันธะที่ผิวฟิล์มเกิดประจุที่สามารถจับหรือสร้างพันธะใหม่กับสีพิมพ์ได้ รวมทั้งผิวฟิล์มจะขรุขระลงไปบ้าง ช่วยการยึดเกาะของสีพิมพ์ ค่าระเบิดผิวที่ได้จะวัดอยู่ในรูปของความหนาแน่นของกำลังวัตต์ ที่ยิงลงบนฟิล์มต่อตารางฟุตต่อนาที



รูปที่ 7. เครื่องระเบิดผิว

3. การคำนวณสำหรับควบคุมสายการผลิต

สำหรับการคำนวณจะใช้สมการในการหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

3.1 คำนวณอัตราการดึง(Draw down ratio)

$$\text{อัตราการดึง} = \frac{\text{ความกว้างปากได (ม.ม.)}}{\text{ความหนาของฟิล์ม (ม.ม.)}} \qquad (1)$$

3.2 คำนวณหาค่า Bead ratio

$$\text{Bead ratio} = \frac{h_f^{edge}}{h_f^{edge}} = \hat{\ }\overline{D} \qquad (2)$$

3.3 คำนวณหาน้ำหนักม้วนฟิล์ม

W_N = ความกว้าง (cm) × ความยาว (cm) × ความหนา (cm) × ความหนาแน่น (g/cm^3) (3)

3.4 คำนวณหาค่าระเบิดผิว(Watts density)

$$\text{ค่าระเบิดผิว} = \frac{\text{กำลังวัตต์สูงสุด}}{\text{RPM} \times \text{Electrode width} \times \text{จำนวนด้านที่ยิงผิว}} \qquad (4)$$

3.5 คำนวณหาอัตราการผลิตของ Gear pump

$$Q = \alpha N - Q_L \qquad (5)$$

3.6 คำนวณหาอัตราการผลิตของเครื่องอัดรีด

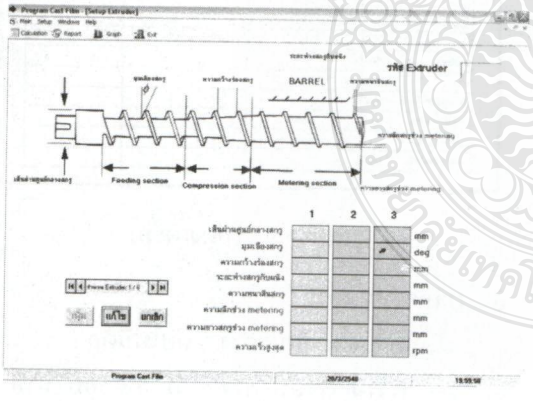
$$\text{กำลังการผลิต(Q)} = AN - \left[\frac{BP}{\eta} - \frac{CP}{\eta}\right] \qquad (6)$$

4. การทดสอบ

เมื่อทำการออกแบบ และสร้างโปรแกรมเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะทำการทดสอบโปรแกรม โดยการนำค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม ไปใช้ในการตั้งสภาวะเครื่องอัดรีดฟิล์มแล้วจึงทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้การเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิต ในใบตั้งสภาวะเครื่องอัดรีดฟิล์มของโรงงานและอัตราการผลิตเป็นค่าทดสอบความถูกต้อง ในการทดสอบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

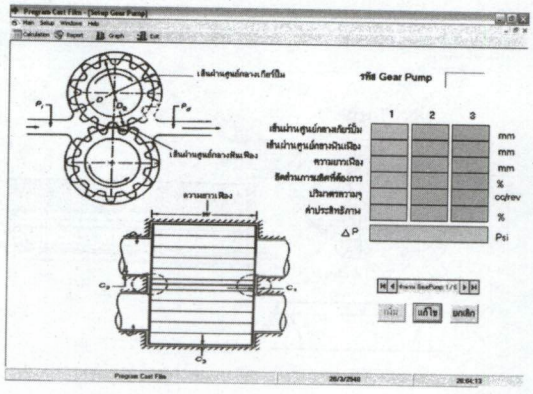
4.1 วัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ของเครื่องจักรและวัตถุดิบ แล้วนำค่าไปใส่ในโปรแกรมดังนี้

4.1.1 รายละเอียดสกรู



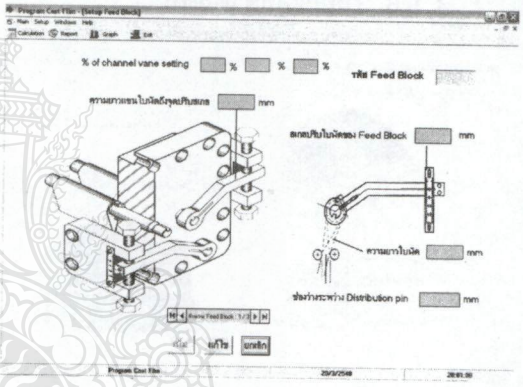
รูปที่ 8. หน้าจอสกรู

4.1.2 รายละเอียด Gear Pump



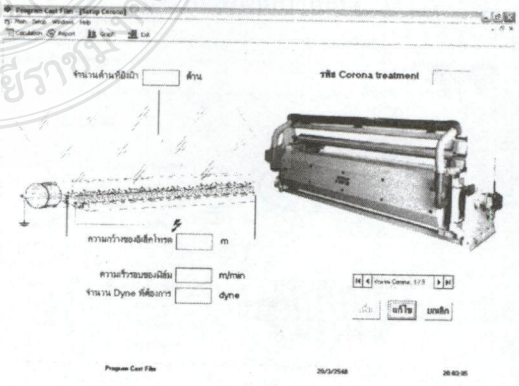
รูปที่ 9. หน้าจอ Gear Pump

4.1.3 รายละเอียด Feed Block



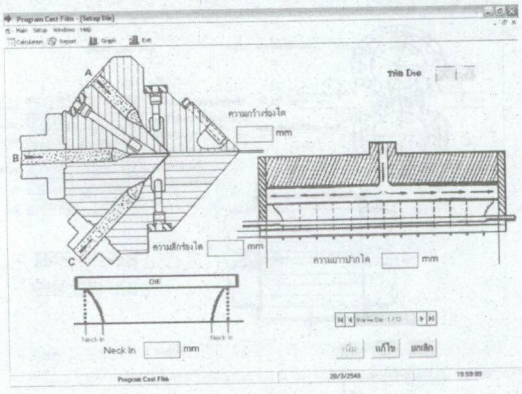
รูปที่ 10. หน้าจอ Feed Block

4.1.4 รายละเอียด Corona Treater



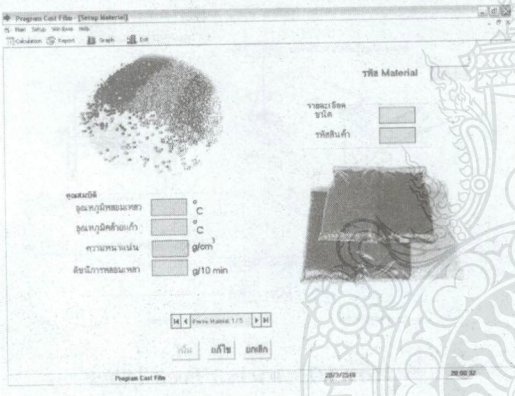
รูปที่ 11. Corona Treater

4.1.5 รายละเอียดไดู



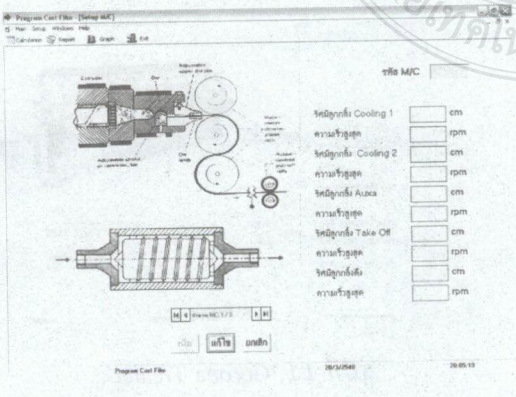
รูปที่ 12. หน้าจอไดู

4.1.6 รายละเอียดวัตถุดิบ



รูปที่ 13. หน้าจอวัตถุดิบ

4.1.7 รายละเอียดเครื่องจักร



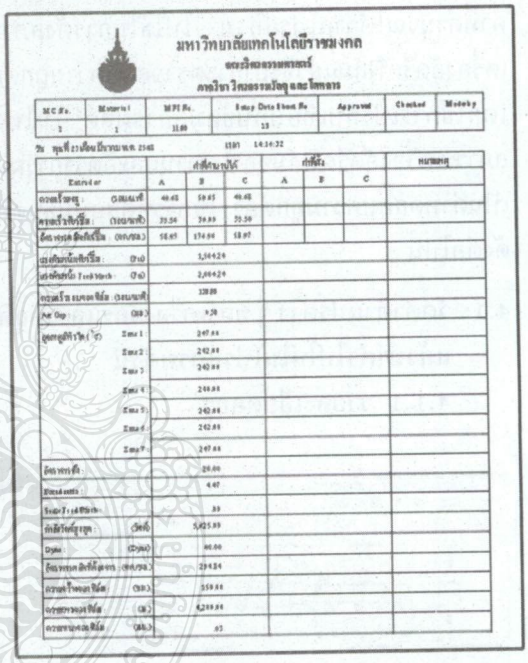
รูปที่ 14. หน้าจอเครื่องจักร

4.2 นำตัวแปรที่วัดได้มาเข้าโปรแกรม เพื่อพิมพ์ใบตั้งเครื่อง

ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการฟิล์มที่มีขนาดหน้ากว้าง 150 เซนติเมตร หนา 0.03 มิลลิเมตร ค่าการระเบิดผิวที่ 40 Dyne ใช้ความเร็วในการผลิต 53 รอบ/นาที และใช้พลาสติกชนิด PP ของบริษัท TPI CO.,LTD. (1125NA)

4.3 นำค่าที่คำนวณได้ไปปรับตั้งเครื่องอัดรีดฟิล์ม

เมื่อโปรแกรมได้ทำการคำนวณค่าต่าง ๆ แล้วก็จะทำการพิมพ์ใบตั้งเครื่อง



รูปที่ 15. ใบตั้งเครื่อง

5. ผลการทดสอบ

โดยปรับตั้งตัวแปรต่าง ๆ ต่อไปนี้คือ

- ความเร็วรอบของฟิล์มที่ 53 รอบ/นาที
- แรงดันหน้าเกียร์ปั๊มที่ 426.35 ปอนด์/ตารางนิ้ว
- ระยะ Air gap ที่ 13.50 มิลลิเมตร
- กำลังวัตต์สูงสุดที่ใช้ในการระเบิดผิวที่ 2,484.38 วัตต์
- ขนาดเปิดปากไดที่ 1,620 มิลลิเมตร
- ขนาดความกว้างปากไดที่ 1.2 มิลลิเมตร

พบว่าค่าที่ตั้งและได้รับจากโปรแกรมคือ

- อัตราการผลิตที่ 130.22 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- น้ำหนักม้วนฟิล์มที่ 170.76 กิโลกรัม
- ความกว้างฟิล์ม 150 เซนติเมตร
- ความหนาฟิล์ม 30 ไมครอน

ส่วนผลที่ได้รับจากการทดลองมีดังนี้

ตารางที่ 1. ค่าเฉลี่ยผลการทดลองที่วัดได้จริงของฟิล์มหน้ากว้าง 150 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่	ความหนาฟิล์ม (ม.ม.)	น้ำหนักม้วนฟิล์ม (กก.)	น้ำหนัก/ชั่วโมง (กก.)
1	0.029	164.70	125.59
2	0.03	192.63	146.89
3	0.028	158.30	120.71
4	0.031	179.50	136.88
5	0.029	180.24	137.22
เฉลี่ย	**0.0294**	**175.07**	**133.46**

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ความหนาฟิล์ม

$$= \frac{0.029+0.03+0.028+0.031+0.029}{5}$$

= 0.0294 มิลลิเมตร

น้ำหนักม้วนฟิล์ม

$$= \frac{164.70+192.63+158.30+179.50+180.24}{5}$$

= 175.07 กิโลกรัม

น้ำหนัก/ชั่วโมง

$$= \frac{125.59+146.89+120.71+136.88+137.22}{5}$$

= 133.46 กิโลกรัม

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ระหว่างค่าที่ได้จากโปรแกรมกับค่าที่เกิดขึ้นจริง

น้ำหนักม้วนฟิล์ม

ค่าที่ได้จากโปรแกรม	170.76	กิโลกรัม
ค่าที่เกิดขึ้นจริง	175.07	กิโลกรัม

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

$$\frac{170.76-175.07}{170.76} = -0.0252 * 100 = -2.52\%$$

ความหนาของฟิล์ม

ค่าที่ได้จากโปรแกรม	30	ไมครอน
ค่าที่เกิดขึ้นจริง	29.4	ไมครอน

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

$$\frac{30 - 29.4}{30} = 0.02 * 100 = 2\%$$

อัตราการผลิตของฟิล์ม

ค่าที่ได้จากโปรแกรม	130.22	กิโลกรัม
ค่าที่เกิดขึ้นจริง	133.46	กิโลกรัม

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

$$\frac{130.22 - 133.46}{130.22} = -0.0248 * 100 = -2.48\ \%$$

ค่าความคาดเคลื่อนเฉลี่ย

น้ำหนักม้วนฟิล์ม $\bar{x} = 175.07$, MAE = 4.314

ความหนาของฟิล์ม $\bar{x} = 29.4$, MAE = -0.6

อัตราการผลิตของฟิล์ม $\bar{x} = 133.46$, MAE = 3.238

6. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้น โดยต้องการให้ฟิล์มมีขนาดหน้ากว้าง 150 เซนติเมตร หนา 0.03 มิลลิเมตร ค่าการระเบิดผิวที่ 40 Dyne ใช้ความเร็วในการผลิต 53 รอบ/นาที และใช้พลาสติกชนิด PP ของบริษัท TPI CO.,LTD.(1125NA) และเมื่อนำค่าที่ได้จากโปรแกรมไปปรับตั้งเครื่องจักรพบว่า ผลผลิตฟิล์มที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไม่มากนักดังนี้

เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้ำหนักม้วนฟิล์ม, ความหนาฟิล์ม,และอัตราการผลิตเป็น 2.52%, 2% และ 2.48% ตามลำดับ

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่อย่างไรก็ตามโปรแกรมก็ต้องการการพัฒนาในลำดับต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคลต่าง ๆ ดังนี้ บิดา มารดา ผู้ซึ่งให้การศึกษา ทุนทรัพย์และกำลังใจ ซึ่งทำให้การดำเนินงานครั้งนี้เป็นไปอย่างราบรื่น ผศ.ชวลิต แสงสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ให้ความรู้ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จนสำเร็จด้วยดี อาจารย์ วีรศักดิ์ หมู่เจริญ ให้คำแนะนำในการวางแผนการทำงาน และแก้ไขปัญหาต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คุณลดาวัลย์ เพียรทำที่ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำต่าง ๆ บริษัทเตชะแอ็นด ซัน จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในด้านอุปกรณ์ และเครื่องมือสำหรับทำโครงงาน สุดท้ายนี้ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรีประจำปี 2547 ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนในการทำโครงงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] ชวลิต แสงสวัสดิ์ , ผศ. **"เอกสารประกอบการสอนกระบวนการทางวิศวกรรมพลาสติก"**, คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล,2540

[2] A.B. GLANVILL, **THE PLASTICS ENGINEERING DATA BOOK.** INDUSTRIAL PRESS INC, New York: USA.

[3] Cloeren Incorporated, **INSTRUCTION MANUAL FOR CLOEREN FEEDBLOCK.** USA:1999.

[4] Donald V. Rosato , and Dominick V. Rosato. **Plastics Processing DATA HANDBOOK,** Van Nostrand Reinhold. New York:USA.

[5] Dynisco, **DYNISCO MELT PUMPS PRODUCT SELECTION GUIDE.** USA: 1999.

[6] Friedhelm Hensen, **Plastics Extrusion Technology.** Munich Cincinnati Vienna New York: 1997.

[7] Mc CRUM, BUCKLEY AND BUCKNALL. **Principles of Polymer Engineering.** OXFORD UNIVERSITY PRESS, USA: 1997.

[8] Richard C.Progelhof., and James L.Throne. **Polymer Engineering Principles.** USA: 1993.

[9] Sidney Levy, and James F. Carley, Editors, **Plastics Extrusion Technology Handbook** Industrial Press Inc. New York: USA.

[10] Toshitaka kanai, and Gregory A. Campbell. **FILM PROCESSING,** Hanser Publishers: Munich.