

บทที่ 5

ผลและการวิจารณ์ผล

ในบทผลการทดลองนี้แบ่งการรายงานและวิจารณ์ผลเป็น 3 ส่วน คือ

ในส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลความหนืดของพลาสติก ทั้งชนิดโพลิเอททีลีน ความหนาแน่นต่ำ และ โพลิเอททีลีนความหนาแน่นสูง ที่จำเป็นต้องใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยผลที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ณ สภาวะการผลิตต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ หรือความเร็วรอบของการหมุนสกรู ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกดังนี้ สำหรับ พลาสติกชนิดโพลิเอททีลีนความหนาแน่นต่ำ แสดงผลของค่าพลังงานกลที่ใช้เมื่อเดินเครื่องที่อุณหภูมิ 150°C 160°C 170°C 180°C และ 190°C ณ ความเร็วรอบ 120 140 160 180 และ 200 รอบต่อนาที ตามลำดับ และสำหรับพลาสติกชนิดโพลิเอททีลีนความหนาแน่นสูง แสดงผลของค่าพลังงานกลที่ใช้เมื่อเดินเครื่องที่อุณหภูมิ 190°C 200°C 210°C 220°C และ 230°C ณ ความเร็วรอบ 120 140 160 180 และ 200 รอบต่อนาทีตามลำดับ

ส่วนที่ 3 ประกอบด้วยผลการทดลองวัดค่าพลังงานกล โดยวัดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ เพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

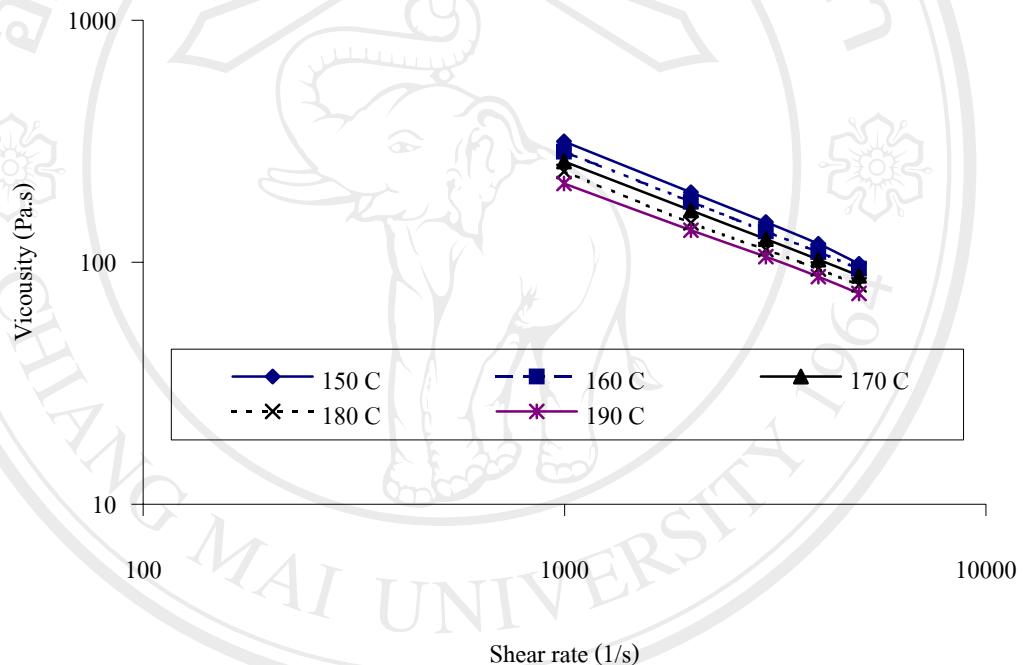
5.1 ค่าความหนืดของพลาสติกเหลวที่อัตราการไหลต่างๆ

จากการทดสอบวัดค่าความหนืดของพลาสติกเหลวโดยการใช้เครื่องมือ แคปิลารีรีโอมิเตอร์ (Capillary Rheometer) ของพลาสติกชนิด โพลิเอททีลีนความหนาแน่นต่ำ และ โพลิเอททีลีนความหนาแน่นสูง โดยข้อมูลที่ได้คือค่าความหนืด (Pa.s) และอัตราการไหล (s^{-1}) เมื่อนำมาแสดงในกราฟสเกลแบบ ล็อก-ล็อกให้ผลการทดลองดังนี้

ลิขสิทธิ์ © by Chiang Mai University
All rights reserved

5.1.1 ค่าความหนืดของพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นต่ำ

จากการวัดค่าความหนืดที่อัตราการเฉือนต่างๆ ณ ที่อุณหภูมิ 150°C 160°C 170°C 180°C และ 190°C ได้ผลดังรูป 5.1 จะเห็นว่าค่าความหนืดของพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นต่ำจะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราการเฉือนเพิ่มขึ้น หรือพลาสติกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 150°C พลาสติกจะมีความหนืดสูงที่สุด และที่ 190°C จะมีความหนืดต่ำที่สุด อีกทั้งการลดลงของความหนืดจากผลกระทบทางด้านอุณหภูมินี้จะลดลงแบบค่อยเป็นค่อยไปอย่างสม่ำเสมอ



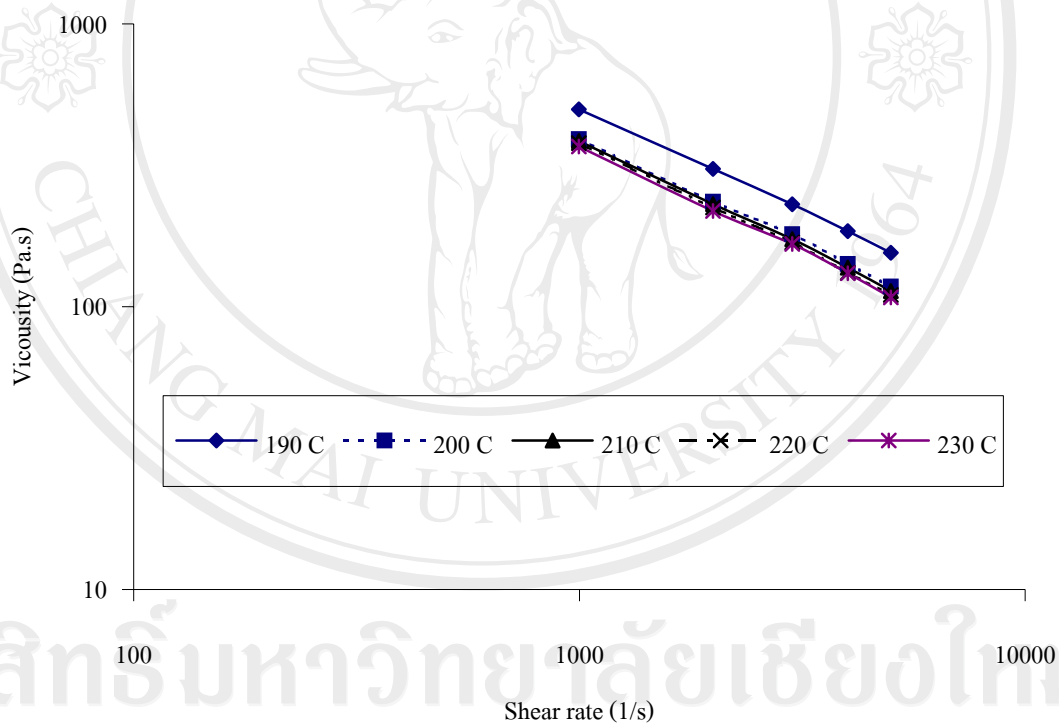
รูป 5.1 แสดงค่าความหนืดของโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นต่ำ

5.1.2 ค่าความหนืดของพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นสูง

ที่อัตราการเฉือนต่างๆ ทำการวัดที่อุณหภูมิ 190°C 200°C 210°C 220°C และ 230°C ได้ผลดังรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าค่าความหนืดของพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นสูงจะมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราการเฉือนเพิ่มขึ้น หรือพลาสติกมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 190°C พลาสติกจะมีความหนืดสูงที่สุด และที่ 230°C จะมีความหนืดต่ำที่สุด แต่การลดลงของความหนืดจากผลกระทบทางด้านอุณหภูมินี้จะลดลงแบบไม่สม่ำเสมอเหมือนกับพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่น

ความหนาแน่นต่ำ จากกราฟ ณ อุณหภูมิ 190°C แสดงให้เห็นว่ายังมีความหนืดสูงกว่าที่อุณหภูมิ 200°C มาก โดยลักษณะความหนืดของโพลีเอททีลีนความหนาแน่นสูงดังกล่าว มีความเป็นเอกลักษณ์ ที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างโมเลกุลของพลาสติก มวลโมเลกุลเฉลี่ยของพลาสติก และความเป็นผลึกของพลาสติก

ซึ่งโดยทั่วไปแล้วพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีนความหนาแน่นสูงจะมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีกิ่งก้านสาขา (Chain branching) น้อยกว่า โพลีเอททีลีนความหนาแน่นต่ำ และมีความเป็นผลึก (Crystallinity) ของสารมากกว่า (นิทสัน, 2543) ทำให้ต้องการพลังงานในการกระตุ้น (Activation energy) เพื่อการจัดเรียงตัวของโมเลกุลมากกว่า สอดคล้องกับผลการทดลองของ Y. Fan, S. Dai และ R. I. Tanner (Y. Fan, S. Dai and R. I. Tanner, 2003)



รูป 5.2 แสดงค่าความหนืดของโพลีเอททีลีนความหนาแน่นสูง

จากการวัดค่าความหนืดที่อัตราการเฉือนต่างๆ ของพลาสติกทั้งสองชนิดพบว่า มีความสอดคล้องกับ รูป 2.3 ซึ่งแสดงในรูปแบบแกน ล็อกของอัตราการเฉือน และล็อกของความหนืด ซึ่งจะมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงในช่วงหนึ่ง (Power law region) ตามกฎของสมการยกกำลัง

5.1.3 ค่าคงที่ของความหนืด

จากรูป 5.1 และ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืด กับค่าอัตราการเฉือนที่ผนัง เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกันพบว่า ที่อัตราการเฉือนที่ผนังเพิ่มขึ้น ค่าความหนืดมีค่าลดลง ทั้งนี้ เนื่องจาก พลาสติกหลอมได้รับแรงกระทำที่เพิ่มมากขึ้น จากการที่อัตราการเฉือนปรากฏที่ผนังเพิ่มขึ้น ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างสายโซ่โมเลกุลของพลาสติกลดลง ค่าความหนืดจึงมีค่าลดลงด้วย และเมื่อพิจารณาถึงผลของอุณหภูมิพบว่า ที่อุณหภูมิมากขึ้น ค่าความหนืดมีค่าลดลง เนื่องจากที่อุณหภูมิสูง แรงดึงดูดระหว่างสายโซ่โมเลกุลของพลาสติกมีค่าลดลง พลาสติกจะเกิดการไหลได้มากขึ้น ความต้านทานการไหล จึงมีค่าลดลง ค่าความหนืดจึงลดลงด้วยนั่นเอง

ในการคำนวณค่าคงที่ของสมการยกกำลัง สามารถหาได้จากสมการที่ (2.18) คือ ซึ่งจากลักษณะของสมการจะเห็นว่าสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ในรูปแบบของล็อก จะได้ตามสมการ (5.1)

$$\log \eta = \log m + (n - 1) \log \dot{\gamma} \quad (5.1)$$

เมื่อ m และ n คือค่าคงที่ของสมการยกกำลัง โดยที่ค่า m สามารถหาได้จากจุดตัดแกนของกราฟ และค่า n สามารถหาได้จากค่าความชันของกราฟ

เมื่อนำข้อมูลมาสร้างกราฟระหว่างล็อกของความหนืดเฉือนปรากฏ และล็อกของอัตราการเฉือนปรากฏที่ผนัง จะได้รูปแบบความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามรูป ซึ่งสามารถหาค่าของ m และ n ได้ โดยพิจารณาเส้นกราฟแต่ละอุณหภูมิ โดยเทียบกับสมการ (5.1) จะสามารถหาค่าคงที่ของสมการยกกำลังได้ดังตารางที่ 5.1

จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเฉือน และความหนืดตามสมการที่ (2.18) และ (2.19) สามารถหาค่าคงที่ของความหนืดจากกราฟรูป 5.1 และ 5.2 ได้ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5.1

ตาราง 5.1 แสดงค่าคงที่ของความหนืดตามสมการยกกำลัง

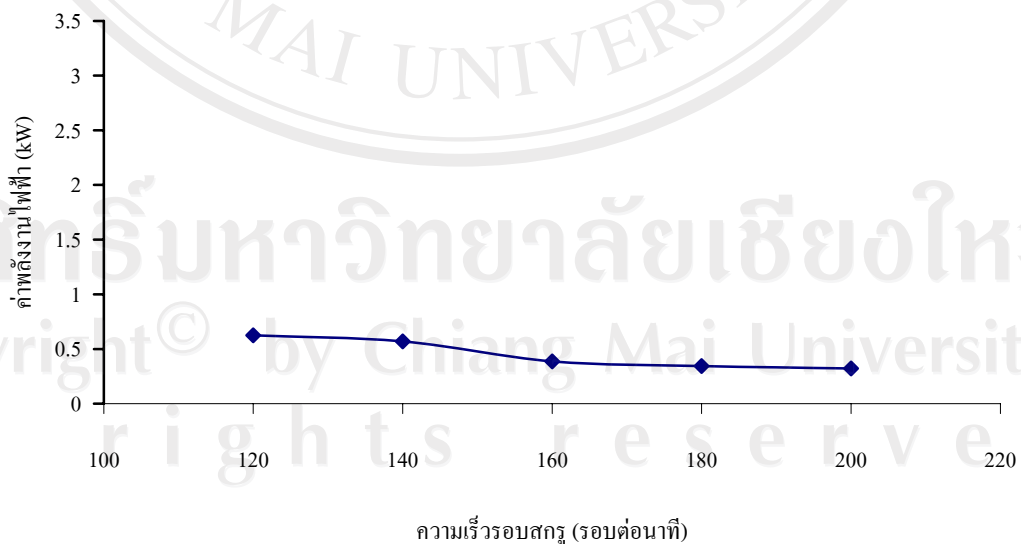
ค่าคงที่	โพลีเอททิลีน ความหนาแน่นต่ำ	โพลีเอททิลีน ความหนาแน่นสูง	หน่วย
n	0.3309	0.2487	-
m_0	11,520	74,459	$\text{Pa}\cdot\text{s}^n$
a	0.0223	0.001	$1/^\circ\text{C}$

จะเห็นว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นต่ำมีค่าคงที่ n มากกว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นสูง แสดงให้เห็นว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นต่ำนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้ง่ายกว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นสูง เมื่อได้รับผลกระทบจากการเฉือนที่เท่ากัน และโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นต่ำมีค่าคงที่ a สูงกว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นสูงแสดงว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นต่ำนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงความหนืดได้ง่ายกว่าโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นสูง เมื่อได้รับผลกระทบจากการอุณหภูมิที่เท่ากัน

5.2 ผลการทดลองวัดพลังงานที่ใช้

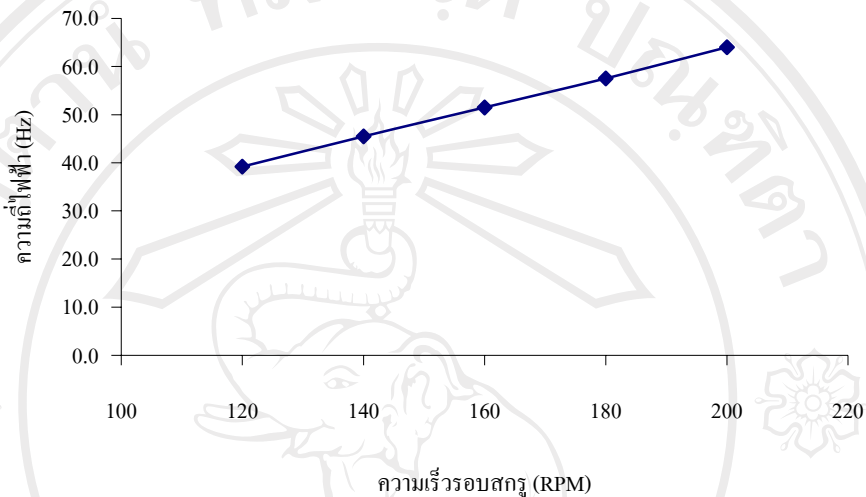
5.2.1 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนสกรูเปล่า

จากการวัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนสกรูเปล่าและความเร็วรอบสกรูได้ผลดังรูป 5.3 โดยเมื่อเพิ่มความเร็วรอบสกรูจะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการใช้อินเวอร์เตอร์เพื่อปรับความถี่ของไฟฟ้า ซึ่ง ณ ความเร็วรอบสกรูต่ำจะเกิดกระแสในสเตเตอร์ที่มีค่าสูงโดยไม่ก่อประโยชน์ใดๆ (วรวิทย์, 2534) จึงสิ้นเปลืองพลังงานมากในช่วงแรก ซึ่งหลังจากเพิ่มความเร็วรอบสกรูให้มากขึ้นแล้วความถี่ของไฟฟ้าจะลดลงใกล้เคียงกับความถี่ของไฟฟ้าขาเข้ามากขึ้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จึงลดลง



รูป 5.3 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนสกรูเปล่า ณ ความเร็วรอบต่างๆ

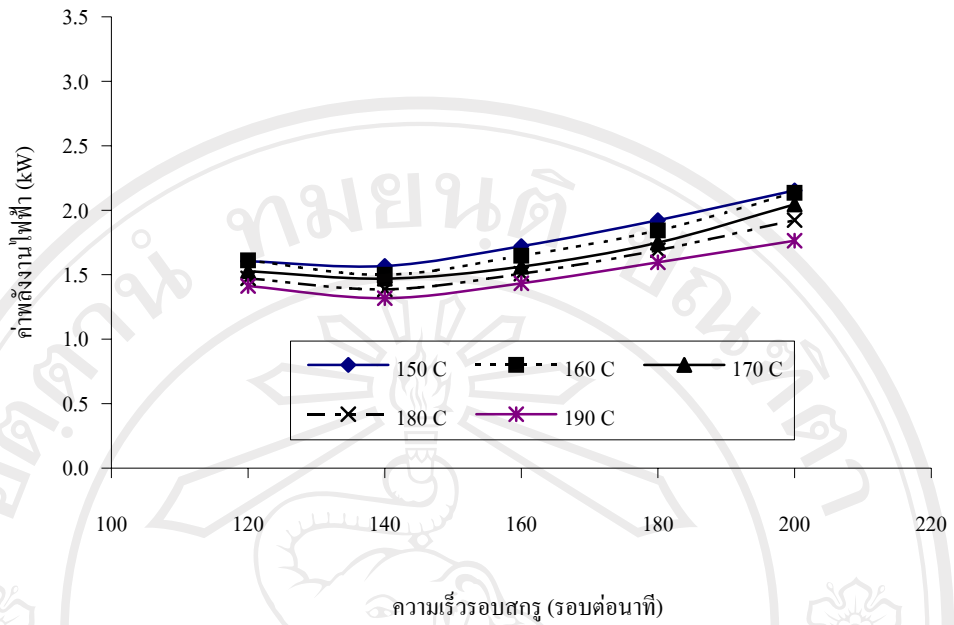
ค่าความถี่ไฟฟ้าระหว่างอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ในการหมุนสกรูเปล่า ณ ความเร็วรอบต่างๆ แสดงตามรูป 5.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วรอบสกรู 120 และ 140 รอบต่อนาทีที่มีความถี่ไฟฟ้าต่ำกว่า 50 Hz ซึ่งเป็นกับความถี่ของไฟฟ้าขาเข้า ทำให้ที่ความเร็วรอบสกรู 120 และ 140 รอบต่อนาที มีการใช้ไฟมากโดยไม่เกิดประโยชน์



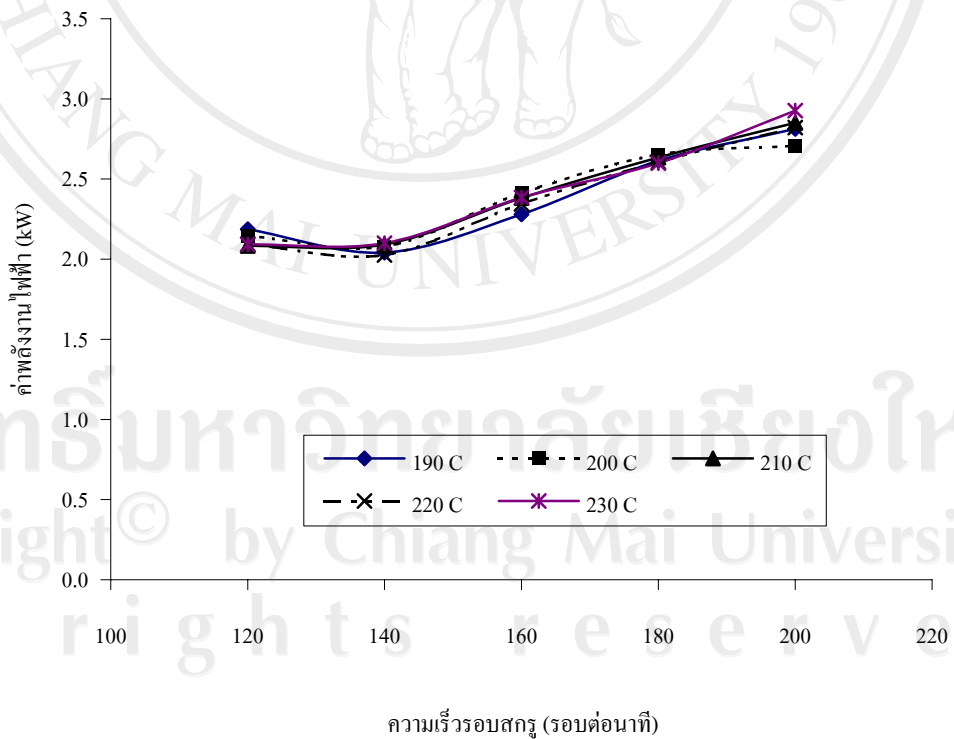
รูป 5.4 แสดงค่าความถี่ไฟฟ้าระหว่างอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ในการหมุนสกรูเปล่า ณ ความเร็วรอบต่างๆ

5.2.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติก

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกทั้งชนิดโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นต่ำ และชนิดโพลีเอททิลีนความหนาแน่นสูงแสดงดังรูป 5.5 และ 5.6 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในช่วงความเร็วรอบสกรู 120 ถึง 140 รอบต่อนาทีนั้น ได้รับผลกระทบจากการใช้อินเวอร์เตอร์อยู่จึงส่งผลให้ ที่ความเร็วรอบ 120 รอบต่อนาทีมีการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงและไม่สอดคล้องกับ รูปแบบของการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงความเร็วรอบ 140 ถึง 200 รอบต่อนาที ทั้งชนิดโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นต่ำ และโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นสูง



รูป 5.5 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติก
ชนิดโพลีเอททีลีนความหนาแน่นต่ำ



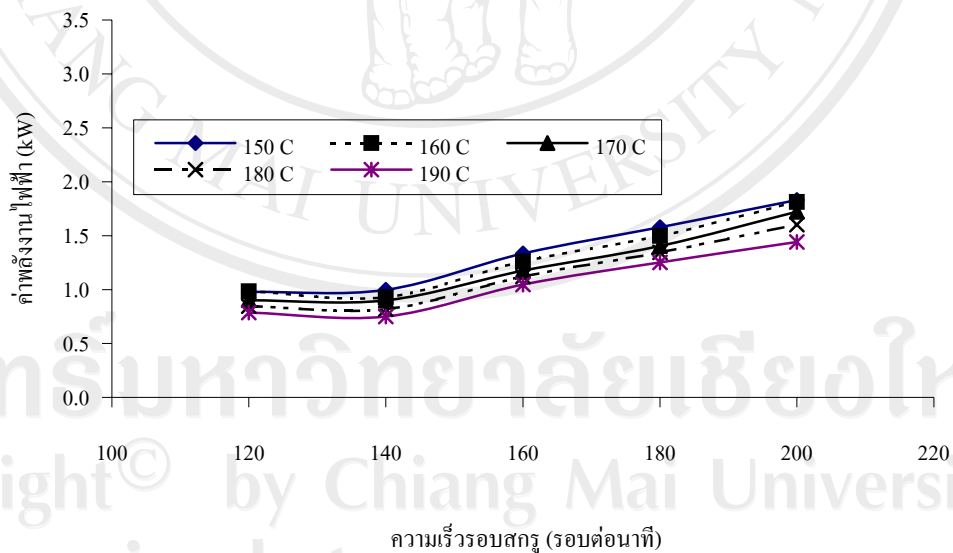
รูป 5.6 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติก
ชนิดโพลีเอททีลีนความหนาแน่นสูง

5.2.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่ใช้ในการอัดรีดพลาสติก

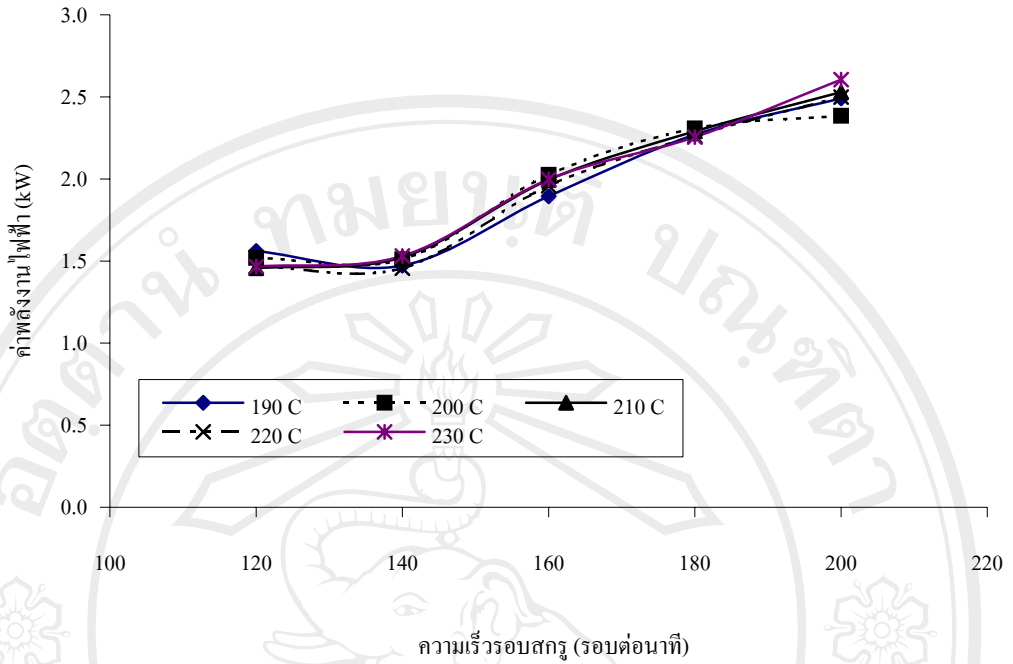
ค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกทั้งชนิดโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นต่ำ และชนิดโพลีเอททิลีนความหนาแน่นสูง ซึ่งได้มาจากการนำเอาค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติก มาลบด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการหมุนสกรูเปล่า ณ ความเร็วรอบเดียวกันแสดงดังรูป 5.7 และ 5.8 ตามลำดับ

ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ที่ช่วงความเร็วรอบสกรู 120 ถึง 140 รอบต่อนาทีนั้นได้รับผลกระทบจากการใช้อินเวอร์เตอร์ จึงส่งผลให้ ที่ความเร็วรอบ 120 ถึง 140 รอบต่อนาทีมีการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงและไม่สอดคล้องกับรูปแบบของการเพิ่มขึ้นของค่าพลังงานไฟฟ้า ณ ช่วงความเร็วรอบตั้งแต่ 140 ถึง 200 รอบต่อนาทีทั้งชนิดโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นต่ำ และโพลีเอททิลีน ความหนาแน่นสูง

ตามปกติแล้วพลังงานที่มอเตอร์ใช้เพื่อการหมุน ณ ความเร็วรอบต่างๆ จะแปรผันกันเป็นเส้นตรงในช่วงปฏิบัติการ (Operating region) เท่านั้น (สัมพันธ, 2534) แต่ถ้าหากใช้มอเตอร์ ณ ความเร็วรอบต่ำๆ จะเกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยไม่เกิดประโยชน์



รูป 5.7 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติก
ชนิดโพลีเอททิลีนความหนาแน่นต่ำ



รูป 5.8 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่มอเตอร์ใช้ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอททีลีนความหนาแน่นสูง

5.3 แบบจำลองการอัดรีด

แบบจำลองการอัดรีดที่สร้างขึ้นนี้ตัวแปรที่ผู้ใช้งานต้องป้อนให้แก่แบบจำลองดังนี้คือ

ค่าคุณสมบัติพลาสติก

ค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด a $1/^\circ\text{C}$

ค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด m_0 $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$

ค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด n -

ค่าขนาดของสกรู

ระยะตามแนวแกน z z m

ความสูงจากพื้นผิวสกรูถึงกระบอก ณ ตำแหน่ง H_1 m

ทางเข้า

ความสูงจากพื้นผิวสกรูถึงกระบอก ณ ตำแหน่ง H_2 m

ทางออก

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกลูก	D_{barrel}	m
ระยะระหว่างเกลียวสกรูตามแนวแกนสกรู	S	m
ระยะตั้งฉากระหว่างสันเกลียวเฉลี่ย	W	m
ความกว้างของสันเกลียว	e	m
ระยะระหว่างกระบอกลูกกับสันเกลียว	δ	m
ค่าสถานะในการผลิต		
ความเร็วรอบสกรู	RPM	RPM
อุณหภูมิของเครื่องอัดรีด	T	$^{\circ}\text{C}$
ปริมาณพลาสติกที่เทียบกับขนาดสกรู	$\frac{Q}{WHV_{bz}}$	-
ค่าเริ่มต้น		
ค่าคงที่ K_1	K_1	RPM
ค่า ξ	si	-

5.4 การวิเคราะห์ความไวของตัวแปร (Sensitivity Analysis)

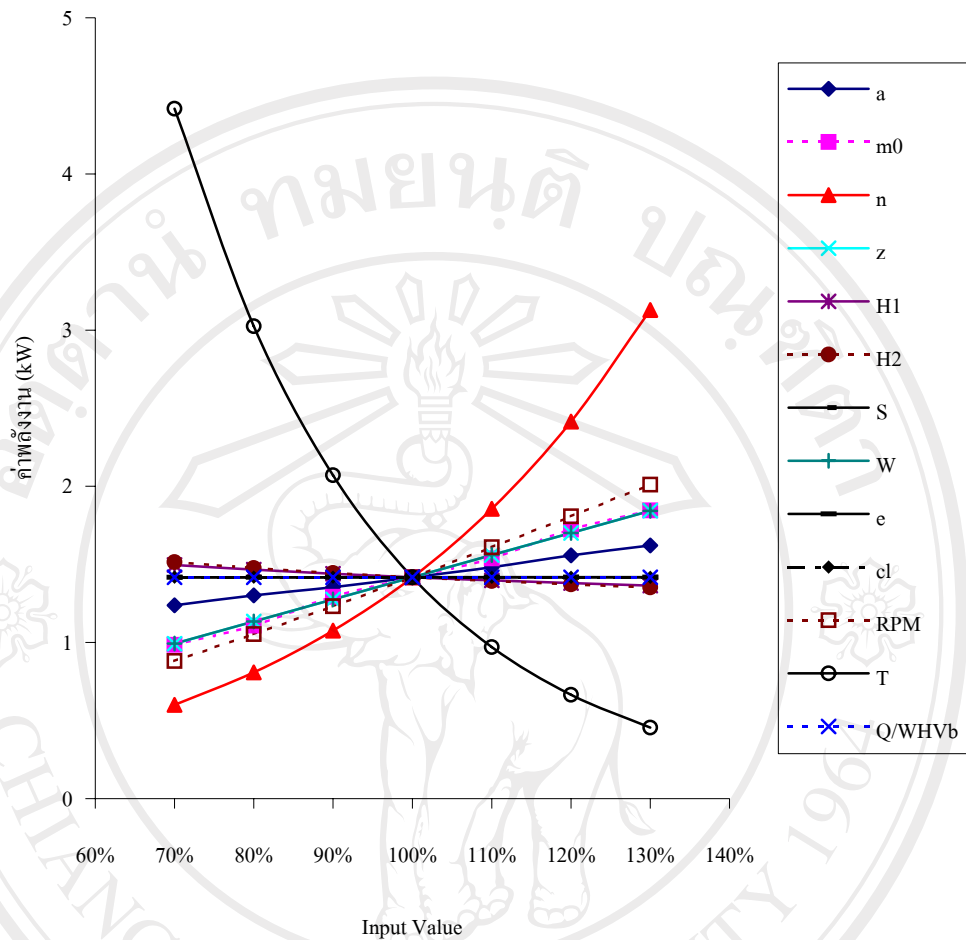
งานวิจัยฉบับนี้ ได้ทำการศึกษาคูณลักษณะของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีในกระบวนการอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความไวของตัวแปร ที่มีอิทธิพลต่อค่าพลังงานในการอัดรีด ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนค่าของตัวแปร (Input value) ต่างๆ เพื่อดูผลลัพธ์ของระบบที่เกิดขึ้น (Output value) ในที่นี้คือค่าพลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลอง โดยกำหนดสถานะในการอัดรีด และทำการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรต่างๆ ทั้งในรูปแบบที่น้อยกว่าและมากกว่าค่าที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงที่ 100% เพื่อดูค่าพลังงานที่คำนวณได้ โดยแสดงตัวแปรที่ใช้วิเคราะห์ความไว และค่าที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงของการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 5.2

ตาราง 5.2 ค่าของตัวแปร (Input value) ที่ถูกเปลี่ยนแปลงทั้งในรูปแบบมากกว่า และน้อยกว่าโดยกำหนดให้ค่าอ้างอิงเท่ากับ 100%

	ค่าที่ 70%	ค่าที่ 80%	ค่าที่ 90%	ค่าอ้างอิง 100%	ค่าที่ 110%	ค่าที่ 120%	ค่าที่ 130%
คุณสมบัติพลาสติก							
a	0.01561	0.01784	0.02007	0.0223	0.02453	0.02676	0.02899
m0	8064	9216	10368	11520	12672	13824	14976
n	0.23163	0.26472	0.29781	0.3309	0.36399	0.39708	0.43017
ขนาดของสกรู							
z	1.649333	1.884952	2.120571	2.35619	2.591809	2.827428	3.063047
H1	0.003605	0.004120	0.004635	0.00515	0.005665	0.006180	0.006695
H2	0.00105	0.00120	0.00135	0.00150	0.00165	0.00180	0.00195
D_barrel	0.0175	0.0200	0.0225	0.0250	0.0275	0.0300	0.0325
S	0.0175	0.0200	0.0225	0.0250	0.0275	0.0300	0.0325
W	0.014110	0.016126	0.018141	0.020157	0.022173	0.024188	0.026204
e	0.00200	0.00229	0.00257	0.00286	0.00314	0.00343	0.00372
cl	0.00014	0.00016	0.00018	0.00020	0.00022	0.00024	0.00026
สถานะในการผลิต							
RPM	126	144	162	180	198	216	234
T	119	136	153	170	187	204	221
Q/WHVb	0.28	0.32	0.36	0.4	0.44	0.48	0.52

จากวิธีการวิเคราะห์ความไวของตัวแปร โดยใช้แบบจำลองคำนวณค่าพลังงานที่สถานะต่าง ๆ (Output value) และนำผลลัพธ์ที่ได้มาแสดงในรูปแบบแผนภูมิ ดังแสดงในรูป 5.9

ลิขสิทธิ์ © โดย Chang Mai University
All rights reserved



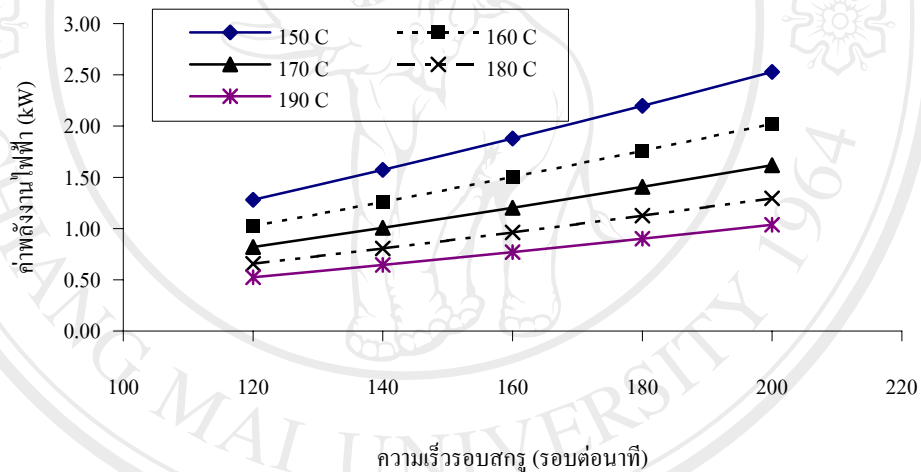
รูป 5.9 ความไวของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

จากผลการวิเคราะห์ความไวของตัวแปรที่มีต่อการอัดรีดพลาสติก พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อค่าพลังงานมากที่สุด คือ อุณหภูมิของเครื่องอัดรีด T คือเมื่ออุณหภูมิของเครื่องอัดรีดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมร้อยละ +30 และร้อยละ -30 จะส่งผลทำให้ค่าพลังงานที่ใช้เปลี่ยนแปลงจากเดิมร้อยละ -67.8 และร้อยละ +211.6 ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่มีผลต่อค่าพลังงานมากในลำดับถัดมาคือค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด n คือเมื่อค่า n เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมร้อยละ +30 และร้อยละ -30 จะส่งผลทำให้ค่าพลังงานที่ใช้เปลี่ยนแปลงจากเดิมร้อยละ +120.6 และร้อยละ -57.6 ตามลำดับ

เนื่องจากหัวคายแต่ละหัวนั้นจะสามารถให้อัตราการอัดรีดของพลาสติกที่แตกต่างกัน ดังนั้นค่า $\frac{Q}{WHV_{bz}}$ ตามสมการที่ (4.32) จึงเป็นค่าที่กำหนดลักษณะเฉพาะของหัวคายนั้นๆ ว่าสามารถอัดรีดพลาสติกได้มากน้อยอย่างไร

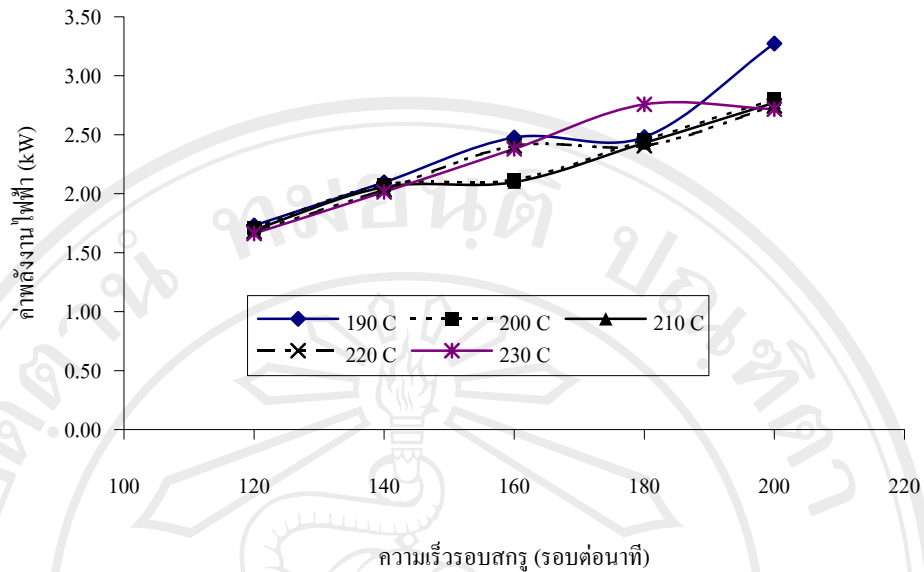
5.5 ผลการคำนวณพลังงานที่ใช้

จากแบบแผนการคำนวณในบทที่ 4 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าสุทธิที่มอเตอร์ใช้ ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลึนความหนาแน่นต่ำ และพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลึนความหนาแน่นสูง ในรูปที่ 5.10 และ 5.11 ตามลำดับ



รูป 5.10 แสดงผลการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้

ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลึนความหนาแน่นต่ำ



รูป 5.11 แสดงผลการคำนวณค่าพลังงานที่ใช้
ในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นสูง

5.6 ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ทดลอง กับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลอง

ผลการเปรียบเทียบค่าพลังงานในการอัดรีดที่ได้ทดลอง กับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ของพลาสติกชนิดโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นต่ำ และ พลาสติกชนิดโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นสูง แสดงในตาราง 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

ตาราง 5.3 แสดงค่าความคลาดเคลื่อน (%) ระหว่างค่าพลังงานที่ทดลอง กับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลองในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทที่สิ้นความหนาแน่นต่ำ

ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิ (°C)				
	150	160	170	180	190
120	30.85	4.06	9.08	22.44	33.20
140	57.59	35.31	11.87	1.39	13.94
160	40.72	19.20	2.27	14.24	26.53
180	39.17	17.29	0.13	16.37	28.07
200	38.08	11.58	6.06	19.16	28.14

ตาราง 5.4 แสดงค่าความคลาดเคลื่อน (%) ระหว่างค่าพลังงานที่ทดลอง กับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลองในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นสูง

ความเร็วรอบสกรู (รอบต่อนาที)	อุณหภูมิ (°C)				
	190	200	210	220	230
120	9.75	11.30	14.07	12.61	11.79
140	29.80	27.27	25.90	28.40	24.01
160	23.55	4.42	4.89	18.52	16.06
180	8.43	5.97	5.76	5.98	18.22
200	23.90	14.81	8.76	8.93	4.12

โดยค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าพลังงานที่ทดลอง กับค่าพลังงานที่คำนวณได้จากแบบจำลองในการอัดรีดพลาสติกชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นต่ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.07% และค่าความคลาดเคลื่อนในการอัดรีดพลาสติก ชนิดโพลีเอทที่ลื่นความหนาแน่นสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.69%

สาเหตุที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนยังมีค่าสูง เนื่องจากผลกระทบจากอุณหภูมิของเครื่องอัดรีด และคือค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด n ที่เป็นตัวแปรที่มีความไวต่อค่าพลังงานอย่างมาก

ในส่วนของอุณหภูมิของเครื่องอัดรีด ถึงแม้ว่าอุณหภูมิของเครื่องอัดรีดนั้นจะมีการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า และลดอุณหภูมิโดยอากาศ แต่เนื่องจากอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้านั้นเป็นระบบควบคุมแบบเปิด-ปิด (On-off control) ที่มักจะมีการแกว่งของอุณหภูมิอยู่มาก (Rauwendaal, C., 1994) จึงทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิของพลาสติกที่อยู่ภายในเครื่องอัดรีดได้

สำหรับค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด n นั้น ได้มาจากการหาค่าความชันของกราฟ ระหว่างล็อกของความหนืดเฉือนปรากฏ และล็อกของอัตราการเฉือนปรากฏที่ผนัง ตามสมการที่ 5.1 ซึ่งเมื่อพิจารณาตามสมการที่ 5.1 แล้วพบว่า หากมีความคลาดเคลื่อนของค่าความหนืดเฉือนปรากฏ หรืออัตราการเฉือนปรากฏที่ผนัง ก็จะส่งผลถึงค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด n อย่างมาก

5.7 การวิจารณ์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการสร้างแบบจำลองทางการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการใช้พลังงานของเครื่องอัดรีดพลาสติกชนิดสกรูเดี่ยว ทำให้พบข้อสังเกต และข้อจำกัดของแบบจำลองซึ่งสามารถได้เป็นข้อๆดังนี้

1. สมการ (4.8) ที่นำไปใช้หาค่าพลังงานนั้น อยู่บนพื้นฐานที่ว่าพลาสติกปริมาตรเท่ากับ $WHdz$ ถูกแรงกระทำจากพื้นผิวกระบอกเท่ากับ τ_{yx} และ τ_{yz} ที่ตำแหน่ง $y=H$ ทำให้เกิดงาน
2. แบบจำลองที่ได้สร้างขึ้นนี้มีข้อจำกัดอยู่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้บางสภาวะเท่านั้น แต่ ณ อุณหภูมิของการอัดรีดต่างๆ จะมีความคลาดเคลื่อนของความหนืดอยู่สูง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ghoreishy, Razavi-Nouri และ Naderi, 2005 (Ghoreishy, Razavi-Nouri and Naderi, 2005)
3. ข้อจำกัดอื่นๆ เกี่ยวกับแบบจำลองคือ แบบจำลองสามารถใช้ได้เฉพาะสกรูมาตรฐาน (Standard screw) เท่านั้น แบบจำลองนี้ไม่ได้ทดสอบกับพลาสติกชนิดอื่นอีก นอกเหนือไปจากโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ และโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง แบบจำลองใช้ได้กับเครื่องอัดรีดที่กระบอกไม่มีช่องระบายอากาศ
4. จากการวิเคราะห์ความไวของตัวแปร พบว่าค่าคงที่ตามสมการยกกำลังของของไหลหนืด n มีความไวเป็นอันดับที่สอง รองจากอุณหภูมิ ซึ่งในแบบจำลองนี้ ใช้ค่า n ซึ่งคำนวณจากค่าเฉลี่ยของทุกอุณหภูมิ เพราะฉะนั้นค่าเฉลี่ยของ n ที่คำนวณได้จะใกล้เคียงกับค่า n ที่เกิดขึ้น ณ อุณหภูมิในช่วงกลางเสมอ เช่นค่า n ของโพลีเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่อุณหภูมิ 150 160 170 180 และ 190 องศาเซลเซียส จะมีค่าเท่ากับ 0.2857 0.3109 0.3262 0.3350 และ 0.3564 ตามลำดับ แต่ค่า n เฉลี่ยที่คำนวณได้ เท่ากับ 0.3309 เพราะฉะนั้นค่า n เฉลี่ยที่คำนวณได้จึงเป็นตัวแทนของค่า n ที่อุณหภูมิ 170 และ 180 องศาเซลเซียสได้ดีกว่าอุณหภูมิที่เหลือ และส่งผลให้การคำนวณค่าพลังงาน ณ อุณหภูมิ 170 และ 180 องศาเซลเซียส มีความแม่นยำกว่าอุณหภูมิที่เหลือ