

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 กรอบแนวความคิด

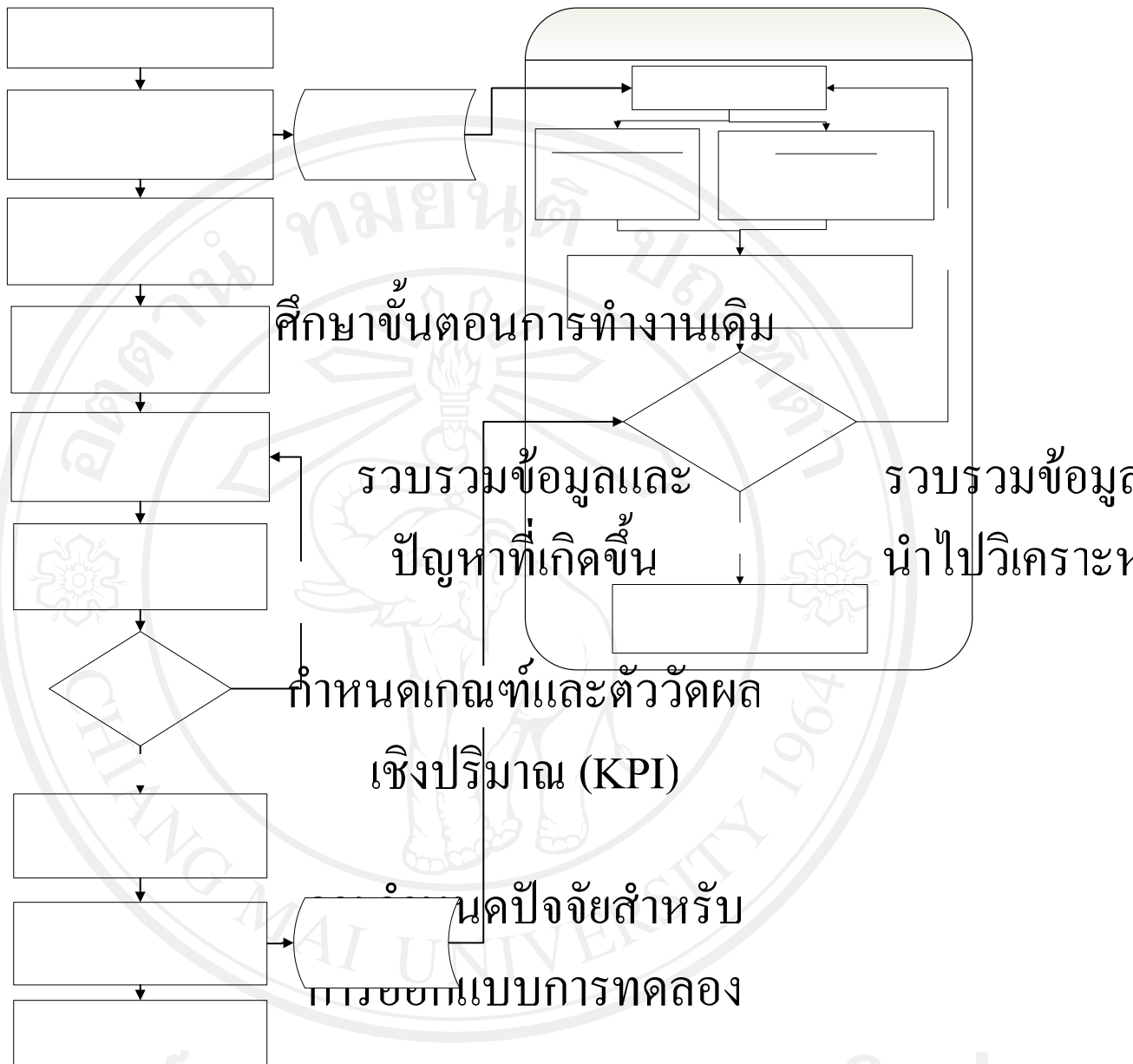
งานวิจัยนี้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เพื่อลดจำนวนรอยตำหนิในการฉีดพลาสติกขึ้นส่วนไดนาโม ในการทดลองมีปัจจัยในการศึกษา ดังนี้

- 1) กำลังในการฉีด (กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)
- 2) ความเร็วในการฉีด (มิลลิเมตรต่อวินาที)
- 3) ระยะเวลาการฉีด (วินาที)
- 4) ระยะเวลาหล่อเย็น (วินาที)
- 5) อุณหภูมิในการฉีด (องศาเซลเซียส)
- 6) อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)

โดยผลตอบของปัจจัยคือจำนวนรอยตำหนิต่อชิ้นงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดพลาสติก ซึ่งเกิดจากสาเหตุได้แก่ รอยต่าง ลายเส้น รอยไหม้ และรอยยุบ

3.2 ขั้นตอนการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยของการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีดพลาสติกขึ้นส่วนไดนาโม เริ่มจากการศึกษาขั้นตอนการทำงานเดิม พร้อมวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้น สรุปผลการวิเคราะห์เป็นเกณฑ์ในการวัดผลการดำเนินงานวิจัย โดยนำเทคนิคการออกแบบการทดลองมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหามาจากกระบวนการฉีดพลาสติกขึ้นส่วนไดนาโมให้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดง ดังรูป 3.1



การออกแบบการทดลอง

รูป 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เชิงแฟกทอเรียล

จากรูป 3.1 มีรายละเอียดอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 ศึกษาขั้นตอนการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโมเดิม และปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงาน

การทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลของงานเดิม เพื่อใช้ประกอบเป็นหลักฐานอ้างอิงสนับสนุนงานวิจัย โดยมีวิธีการสำหรับวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นขั้นตอนดังนี้

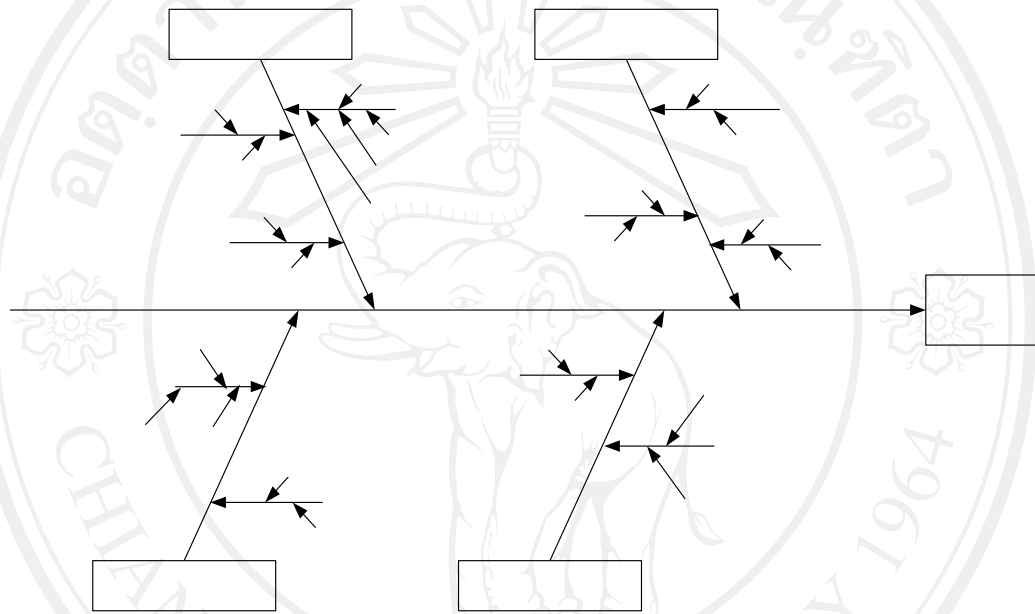
1) สัมภาษณ์ผู้จัดการ และผู้เชี่ยวชาญระดับหัวหน้างาน ในการสำรวจข้อมูลการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม ผู้วิจัยได้ประชุมร่วมกับผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์อยู่ในระดับหัวหน้า

ทดสอบ

ยืนยันผล

งาน ทั้งหมด 7 ท่าน โดยเป็นการสัมภาษณ์และระดมความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนไดนาโม

2) สรุปสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นจากการศึกษาขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนไดนาโมเดิม โดยใช้แผนภูมิแก๊งปลา (Fish Bone Diagram) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา



รูป 3.2 แผนภูมิแก๊งปลาแสดงการวิเคราะห์หาสาเหตุของเครื่องจักร

กำลังในการฉีด

3.2.2 การกำหนดเกณฑ์ในการวัดเชิงปริมาณ (Key Performance Indicator: KPI)

เครื่องฉีดพลาสติก

เมื่อทราบถึงปัญหาและระดับความรุนแรงแล้ว ผู้วิจัยนำมาวิเคราะห์เป็นเกณฑ์วัดผล เพื่อเป็นตัวชี้วัดความสำเร็จของงานวิจัย จากผลการวิเคราะห์สาเหตุทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนไดนาโมเดิม การพิจารณาข้อมูลในระบบและวิเคราะห์แผนผังแก๊งปลา สามารถสร้างเกณฑ์ดัชนีชี้วัดในการดำเนินงานวิจัย ได้ดังตารางที่ 3.1

ประสิทธิภาพเครื่องจักร

ตารางที่ 3.1 ดัชนีชี้วัดการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียด	ดัชนีชี้วัด	เป้าหมาย
ชิ้นงานของเสียและจำนวนรอยตำหนิที่เกิดจากการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม	จำนวนชิ้นงานของเสียและจำนวนรอยตำหนิ	จำนวนของเสียและจำนวนรอยตำหนิลดลงร้อยละ 60

คุณภาพของวัตถุดิบ

ความถี่การตรวจ

การใช้

ความบกพร่อง

แหล่งที่มา การจัดเก็บ

การอุปโล่ความขึ้น

3.2.3 รวบรวมและศึกษาข้อมูลของกระบวนการฉีดพลาสติก และเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ในเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ เพื่อหาแนวทางในการพัฒนากระบวนการฉีดพลาสติก

จากตาราง 3.1 ทำให้ทราบเกณฑ์และตัววัดผลเชิงปริมาณสำหรับการทำงานวิจัยโดยการลดจำนวนของเสียและลดจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติก ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการฉีดขึ้นงานมีจำนวน 6 ปัจจัย รายละเอียดมีดังนี้

1) กำลังในการฉีด

โดยกำลังในการฉีด สามารถคำนวณได้จากสูตร คือ

$$P = \frac{D^2}{d^2} p \quad (3.1)$$

เมื่อ P คือ กำลังในการฉีด มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Kg/cm^2)

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกไฮดรอลิก มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

d คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสกรู มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

p คือ กำลังการฉีดของเครื่อง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (Kg/cm^2)

จากสูตรการหากำลังในการฉีดเมื่อนำมาคำนวณจะได้คือ

$$P = \frac{(35)^2}{(40)^2} (800)$$

$$P = 612.5 \text{ Kg/Cm}^2$$

ผู้วิจัยเลือกค่าพารามิเตอร์ของกำลังในการฉีดที่ใช้ทดลองระดับต่ำที่ 600

กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จากเอกสารคู่มือการใช้งานเครื่องฉีดพลาสติก ของบริษัท นิสเซพลาสติก ประเทศไทย จำกัด ระบุถึงแรงดันสูงสุดที่สามารถปรับใช้งานกับเครื่องฉีดควรมีแรงดันไม่เกิน 95 บาร์เซ็นต์ ของแรงดันสูงสุดที่เครื่องฉีดสามารถทำงานได้ เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องและไม่ทำให้เครื่องฉีดพลาสติกทำงานหนักเกินไป การกำหนดระดับกำลังในการฉีดสูงสุดเท่ากับ 750 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

2) ความเร็วในการฉีด

การคำนวณความเร็วในการฉีดสามารถหาได้จากสูตรคือ

$$V = \frac{v}{S} \quad (3.2)$$

เมื่อ V คือความเร็วในการฉีด มีหน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อวินาที (mm/sec)

v คืออัตราการฉีด มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที (Cm^3/sec)

S คือพื้นที่หน้าตัดของสกรู มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร (Cm^2)

จากสูตรการหาความเร็วเมื่อนำมาแทนค่าจะได้คือ

$$V = \frac{100}{1.34} = 74.62 \text{ mm/sec}$$

ดังนั้นการกำหนดระดับการทดลองผู้ทำการวิจัยจึงเลือกค่าระดับต่ำที่ความเร็วในการฉีด 75 มิลลิเมตรต่อวินาที ส่วนระดับสูงเลือกที่ความเร็วในการฉีด 80 เปอร์เซนต์ ของความเร็วสูงสุดที่เครื่องสามารถทำได้ คือ 120 มิลลิเมตรต่อวินาที

3) ระยะเวลาการฉีด

การคำนวณระยะเวลาในการฉีด สามารถคำนวณได้จาก

ระยะเวลาการฉีดรวม = เวลาในการป้อนวัตถุดิบ + เวลาในการรักษาสภาพแรงดัน

(3.3)

$$= 0.84 + 2.5$$

$$= 3.34 \text{ วินาที}$$

เนื่องจากระยะเวลาการฉีดรวมของเครื่องฉีดพลาสติกที่นำมาทดลองทำได้เร็วที่สุดที่เวลา 3 วินาที ผู้ดำเนินการวิจัยเลือกค่าการทดลองระดับต่ำที่ 3 วินาที ส่วนระดับสูงสามารถหาค่าเวลาได้จากการเพิ่มเวลาในการรักษาสภาพแรงดัน ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนหรือลดที่ละเท่าตัว ตามเอกสารประกอบการบรรยายเรื่องการปรับฉีดพลาสติกของบริษัท นิสเซพลาสติก ประเทศไทย ได้แนะนำเรื่องการปรับเครื่องจักรไว้ ดังนั้นผู้ดำเนินการวิจัยเลือกค่าการทดลองระดับสูงที่เวลา 8 วินาทีหรือเพิ่มขึ้น 3 เท่าจากเวลาในการรักษาสภาพแรงดันระดับต่ำ

4) ระยะเวลาหล่อเย็น

เมื่อพลาสติกเหลวถูกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ต้องอาศัยเวลาให้พลาสติกเหลวเย็นตัวและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง ปกติแล้วควรมีระบบหล่อเย็น เพื่อช่วยให้การเย็นตัวของพลาสติกเหลวดียิ่งขึ้น หากเวลาหล่อเย็นไม่พอจะทำให้ชิ้นงานเกิดรอยร้าว รอยปริ หรือเป็นรอยสีขาว เกิดการโค้งงอ บิดเบี้ยวผิดรูป แต่ถ้าระยะเวลาหล่อเย็นมากเกินไปส่งผลให้รอบการทำงานแต่ละครั้งใช้เวลานาน ระยะเวลาหล่อเย็นขึ้นอยู่กับรูปทรงความหนาและชนิดของเม็ดพลาสติก ในตารางที่ 3.2 แสดงระยะเวลาหล่อเย็นเฉลี่ยของพลาสติกแต่ละชนิด

ตารางที่ 3.2 ระยะเวลาหล่อเย็นเฉลี่ยของพลาสติกแต่ละชนิด

ความหนาชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	เวลาหล่อเย็นเฉลี่ย (วินาที)						
	ABS	PA	HDPE	LDPE	PP	PS	PVC
0.50-0.85	2.0	2.5	3.0	2.3	2.0	1.8	2.1
1.00-1.20	4.2	5.3	6.3	4.8	6.2	4.1	4.6
1.50-1.75	7.4	9.7	10.2	8.4	10.0	7.4	8.2
2.00-2.30	11.5	13.5	14.8	12.8	14.5	11.5	12.3
2.50-2.75	13.8	16.2	17.5	15.2	17.4	13.6	14.8

ที่มา: บรรณ (2548)

สำหรับชิ้นส่วนไดนาโมมีลักษณะเป็นทรงกระบอก ผลิตจากเม็ดพลาสติกชนิดโพลีเอไมด์ (PA) ตัวชิ้นงานความหนาไม่เท่ากัน มีขนาดตั้งแต่ 1 มิลลิเมตรถึง 1.8 มิลลิเมตร ดังนั้นผู้วิจัยเลือกเวลาการหล่อเย็นของการทดลองระดับต่ำที่ 5 วินาทีและระดับสูงที่ 10 วินาที

5) อุณหภูมิในการฉีด

การปรับอุณหภูมิการฉีดขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก เนื่องจากอุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติกแต่ละชนิดนั้นไม่เท่ากัน ผลที่เกิดจากอุณหภูมิการฉีดต่ำไปทำให้เมื่อนฉีดพลาสติกออกมาชิ้นงานไม่เต็ม เกิดลายคลื่นบนผิวชิ้นงาน แต่หากอุณหภูมิในการฉีดสูงไปทำให้ชิ้นงานมีรอยไหม้ รอยดำ เกิดสีเพี้ยน อุณหภูมิสำหรับการฉีดและขึ้นรูปพลาสติก สำหรับพลาสติกชนิดโพลีเอไมด์ คืออยู่ระหว่าง 220-260 องศาเซลเซียส จากตารางที่ 3.3 ผู้วิจัยเลือกอุณหภูมิในการฉีดโดยการทดลองระดับต่ำที่ 220 องศาเซลเซียส และระดับสูงที่ 260 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3.3 อุณหภูมิสำหรับฉีดและอัดรีดขึ้นรูปพลาสติก

ชนิดของพลาสติก	การฉีดพลาสติก				การอัดรีด	
	อุณหภูมิพลาสติก (°C)		อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)		อุณหภูมิพลาสติก (°C)	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
Polyamide (PA)	220	260	30	60	260	300

ที่มา: เอกสารประกอบการอบรม บริษัทนิสเซ พลาสติก (2549)

6) อุณหภูมิของแม่พิมพ์

ผลจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์ต่ำไป ทำให้ชิ้นงานฉีดออกมาแล้วไม่เต็ม เกิดลายคลื่นบนผิวชิ้นงาน หรือเกิดรอยร้าว แต่หากอุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงเกินไปส่งผลให้ชิ้นงานเป็นรอยครีบ การประสานตัวของเม็ดพลาสติกไม่ดี ชิ้นงานเกิดการโค้งงอ เบี้ยวผิดรูป อุณหภูมิสำหรับพลาสติกชนิดโพลีเอไมด์ อุณหภูมิแม่พิมพ์ควรควบคุมให้อยู่ระหว่าง 30 – 60 องศาเซลเซียส ดังนั้นผู้วิจัยเลือกอุณหภูมิของแม่พิมพ์ระดับต่ำคือ 30 องศาเซลเซียสและระดับสูงคือ 60 องศาเซลเซียส

สรุปในการทดลองฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง รายละเอียด ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงระดับค่าพารามิเตอร์ในการฉีดพลาสติก

พารามิเตอร์	ระดับต่ำ (-)	ระดับกลาง (0)	ระดับสูง (+)	สัญลักษณ์
1. กำลังในการฉีด (Kg/cm ²)	600	675	750	P
2. ความเร็วในการฉีด (mm/sec)	75	97.5	120	S
3. ระยะเวลาการฉีด (วินาที)	3	5.5	8	I
4. ระยะเวลาหล่อเย็น (วินาที)	5	7.5	10	C
5. อุณหภูมิในการฉีด (°C)	220	240	260	N
6. อุณหภูมิแม่พิมพ์ (°C)	30	45	60	M

3.2.4 การใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้คือ

1) การคัดกรองปัจจัย โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเศษส่วน

พารามิเตอร์การทดลองมีอยู่ 6 ปัจจัย จำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ในการทดลองจำนวนมาก เพื่อให้งานวิจัยนี้ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและเหมาะสม จึงคัดกรองปัจจัยให้เหลือแต่ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อชิ้นส่วนไดนาโมรถจักรยานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การคัดกรองทำโดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเศษส่วน 2^{6-2} หรือ $\frac{1}{4} \times 2^6$ เป็นการทดลอง $\frac{1}{4}$ ของเงื่อนไขการทดลองทั้งหมด วิเคราะห์ค่ากลาง (Center point) จำนวน 6 จุด เพื่อเพิ่มความแม่นยำและ

เป็นการตรวจสอบความสัมพันธ์ว่าเป็นลักษณะเส้นโค้งหรือไม่ ทำการทดลอง 2 ครั้งโดย
รายละเอียดดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตารางทดลองการคัดกรองปัจจัยในการศึกษา 2⁶⁻²

ลำดับ มาตรฐาน	ลำดับการ ทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา						ค่าระดับของปัจจัย					
		P	S	I	C	M	N	P	S	I	C	M	N
1 , 20	5 , 9	-1	-1	1	-1	1	1	600	75	8	5	260	60
2 , 21	30 , 37	1	-1	1	1	-1	-1	750	75	8	10	220	30
3 , 22	21 , 36	0	0	0	0	0	0	675	97.5	5.5	7.5	240	45
4 , 23	22 , 18	1	-1	1	-1	-1	1	750	75	8	5	220	60
5 , 24	17 , 15	-1	-1	-1	-1	-1	-1	600	75	3	5	220	30
6 , 25	7 , 2	-1	1	1	-1	-1	-1	600	120	8	5	220	30
7 , 26	4 , 3	1	1	-1	-1	-1	1	750	120	3	5	220	60
8 , 27	26 , 38	1	-1	-1	1	1	1	750	75	3	10	260	60
9 , 28	24 , 35	1	1	1	-1	1	-1	750	120	8	5	260	30
10 , 29	20 , 6	0	0	0	0	0	0	675	97.5	5.5	7.5	240	45
11 , 30	12 , 11	1	1	-1	1	-1	-1	750	120	3	10	220	30
12 , 31	25 , 13	-1	-1	-1	1	-1	1	600	75	3	10	220	60
13 , 32	19 , 8	-1	1	-1	-1	1	1	600	120	3	5	260	60
14 , 33	27 , 28	-1	1	-1	1	1	-1	600	120	3	10	260	30
15 , 34	29 , 10	-1	-1	1	1	1	-1	600	75	8	10	260	30
16 , 35	14 , 23	1	-1	-1	-1	1	-1	750	75	3	5	260	30
17 , 36	32 , 31	1	1	1	1	1	1	750	120	8	10	260	60
18 , 37	34 , 33	0	0	0	0	0	0	675	97.5	5.5	7.5	240	45
19 , 38	1 , 16	-1	1	1	1	-1	1	600	120	8	10	220	60

ผลตอบของปัจจัย คือ จำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้น การนับจำนวนทำได้แบ่ง
บริเวณของชิ้นงานเป็น 8 ส่วน ดังรูปที่ 3.3 เพื่อง่ายต่อการสังเกตและป้องกันความผิดพลาดการนับ
จำนวน นอกจากนั้นสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ต่อไป



รูป 3.3 ตำแหน่งในการนับรอยตำหนิของชิ้นส่วนไดนาโมจักรยาน
ลักษณะรอยตำหนิแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังต่อไปนี้

- 1) รอยด่าง แทนด้วยสัญลักษณ์ d1



รูป 3.4 ชิ้นส่วนไดนาโมจักรยานที่เกิดรอยด่าง

- 2) ลายเส้น แทนด้วยสัญลักษณ์ d2



รูป 3.5 ชิ้นส่วนไดนาโมจักรยานที่เกิดลายเส้น

3) รอยไหม้ แทนด้วยสัญลักษณ์ d3



รูป 3.6 ชิ้นส่วนไคนาโมจักรยานที่เกิดรอยไหม้

4) รอยบุบ/ จีดไม่เต็ม แทนด้วยสัญลักษณ์ d4



รูป 3.7 ชิ้นส่วนไคนาโมจักรยานที่เกิดรอยบุบ/ จีดไม่เต็ม

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงแฟกทอเรียลกับจำนวนรอยตำหนิหรือของเสียที่เป็นผลตอบ Bisgaard and Fuller (1992) กล่าวว่าประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตวัดจากจำนวนรอยตำหนิหรือจำนวนของเสีย การลดจำนวนรอยตำหนิของเสียนั้นเป็นสิ่งสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ การออกแบบการทดลองที่ความแปรปรวนของข้อมูลไม่คงที่มีผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล วิธีการจัดการเกี่ยวกับความแปรปรวนที่ไม่คงที่คือ การแปลงข้อมูลก่อนการวิเคราะห์มีวิธีการหลายวิธีที่สามารถนำมาใช้เพื่อให้ได้ค่าความแปรปรวนที่คงที่ของการนับจำนวนรอยและจำนวนของเสีย กรณีผลตอบคือการนับจำนวนรอยตำหนิ การวัดรอยขีดข่วนบริเวณผิวชิ้นงานแต่ละชิ้นจำนวนที่นับได้ถูกเรียกว่าจำนวนรอยตำหนิ ค่า y ที่นับได้มีค่าตั้งแต่ $0, 1, 2, \dots, n$ จำนวนที่ได้เกิดจากการใช้รอยตำหนิเป็นผลตอบ นอกจากนั้นการแปลงค่าข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ผลช่วยให้เกิดความแม่นยำในผลของการทดลองมากขึ้น

ในการนับจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้น จะนำค่าที่ได้แปลงค่าข้อมูลรอยตำหนิด้วยวิธีของ Freeman and Tukey โดยใช้สมการที่ 3.4

$$y_t = \frac{(\sqrt{y} + \sqrt{y+1})}{2} ; \text{เมื่อ } y_t \text{ คือค่าแปลงรอยตำหนิ} \quad (3.4)$$

2) การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

หลังการคัดกรองปัจจัยโดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเศษส่วน ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อชิ้นส่วนไดนาโมรถจักรยานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นทำการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มจำนวน ทำการทดลองซ้ำและวิเคราะห์ค่ากลาง (Center point) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในแต่ละเทอมของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลปฏิบัติตามขั้นตอนต่อไปนี้

2.1) การประมาณผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักและอันตรกิริยารวม (Estimate Factor Effects) ทำให้ทราบเบื้องต้นว่าปัจจัยและอันตรกิริยาใดมีความสำคัญ

2.2) สร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Form Initial Model) แบบจำลองเบื้องต้นจะประกอบด้วยปัจจัยหลักและอันตรกิริยารวมทุกปัจจัย ค่าสัมประสิทธิ์ในเทอมต่างๆของปัจจัย หาได้จากผลกระทบแต่ละปัจจัยหลักและอันตรกิริยารวมหารด้วยสอง

2.3) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลเพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของผลหลักและอันตรกิริยารวม (Perform Statistical Testing)

2.4) วิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residuals Analysis) เพื่อตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองและความถูกต้องของสมมติฐาน

2.5) การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลอง ทำการแทนค่าตัวแปรแบบโค้ดยูนิต (Codes Unit) ลงในแบบจำลองเพื่อทำนายจำนวนตำหนิ หาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่เกิดจำนวนรอยตำหนิที่น้อยกว่าเงื่อนไขอื่น

3.2.5 การทดสอบยืนยันผลของค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลทดลองเพื่อตรวจสอบจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นสำหรับการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโม

3.2.6 เปรียบเทียบผลข้อมูลจากการทดลองยืนยันผล กับข้อมูลของสภาวะกระบวนการฉีดพลาสติกชิ้นส่วนไดนาโมก่อนปรับปรุงด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลอง

3.2.7 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

3.3 กระบวนการฉีดขึ้นรูปชิ้นส่วนไดนาโม

การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ในการฉีดพลาสติก มีหลายกระบวนการที่สำคัญ ทั้งนี้เพื่อเป็นการควบคุมปัจจัยภายนอกอื่นที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการทดลอง การเตรียมงานเป็นขั้นตอนรายละเอียดดังนี้

3.3.1 เม็ดพลาสติกชนิดโพลีเอไมด์ (Polyamide: PA) ที่ใช้ทดลองมาจากถุงเดียวกัน และนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ก่อนนำมาฉีดทดลองเพื่อไล่ความชื้น และลดอัตราการหดตัวของเม็ดพลาสติกก่อนนำไปใช้งาน

3.3.2 ปรับค่าพารามิเตอร์ตามที่กำหนดไว้ได้แก่ กำลังในการฉีด ความเร็วในการฉีด ระยะเวลาการฉีด ระยะเวลาหล่อเย็น อุณหภูมิในการฉีด และอุณหภูมิแม่พิมพ์

3.3.3 คัดตั้งแม่พิมพ์ โดยแม่พิมพ์ที่ใช้ฉีดผ่านการตรวจสอบและทำความสะอาด เพื่อลดปัญหาเรื่องความสกปรกสะสม ซึ่งทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้

3.3.4 ปรับระยะหุ่นยนต์ในการจับชิ้นงานให้เหมาะสม

3.3.5 ฉีดชิ้นงานจำนวน 2 ครั้งก่อนทำการทดลองในแต่ละเงื่อนไข เพื่อให้ได้ผลการปรับค่าพารามิเตอร์ตรงตามความต้องการที่จะทดลอง การฉีดทั้งจำนวน 2 ครั้งช่วยในการล้างพารามิเตอร์ก่อนหน้าทำให้ผลการฉีดที่ได้มีความถูกต้อง

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 เม็ดพลาสติกโพลีเอไมด์ (Polyamide: PA)

3.4.2 เครื่องฉีดพลาสติกยี่ห้อฮันสเซอร์ รุ่น เอฟเอ็นเอ็กซ์ แปดสิบ (FNX-80)

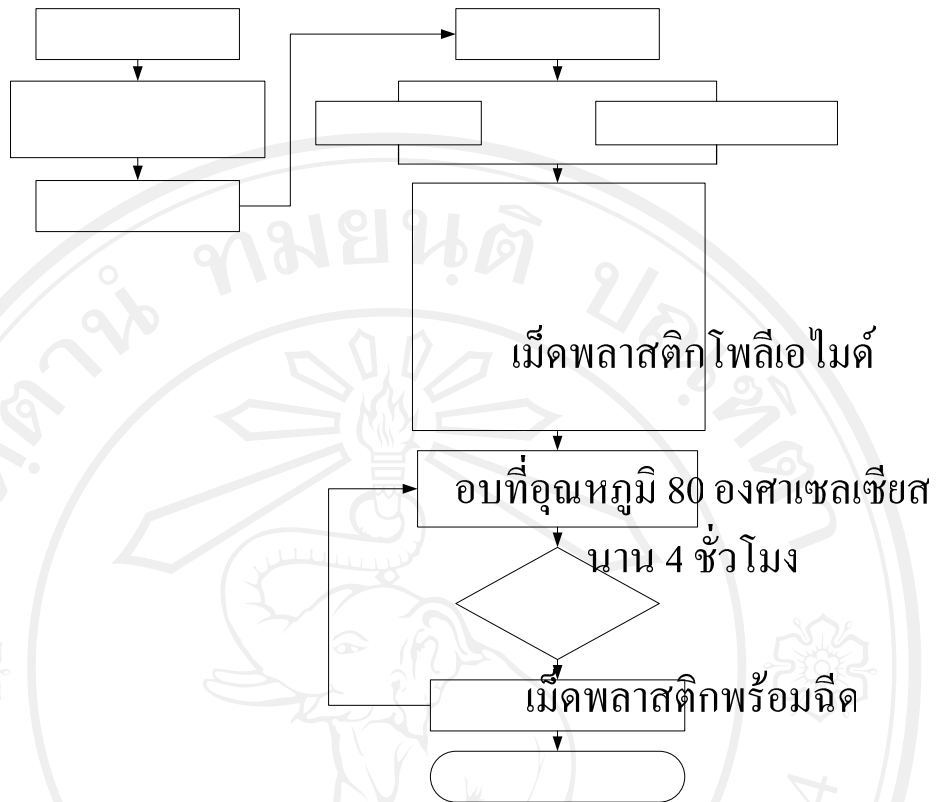
3.4.3 แม่พิมพ์ชิ้นส่วนไดนาโมจักรยาน

3.4.4 เครื่องผสมเม็ดสี

3.4.5 อุปกรณ์แขนกลจับยึดชิ้นงาน

3.4.6 เครื่องควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์

3.4.7 เครื่องอบเม็ดพลาสติก



รูป 3.8 ขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนไดนาโม