

## บทที่ 2

### การทบทวนเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

กรณีศึกษา การลดการเสียหายของเครื่องฉีดพลาสติก บริษัทภูมิธเนศ ได้ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยเกี่ยวข้องดังนี้

1. การวิเคราะห์ปัญหา (QC story 7.steps)
2. ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)
3. การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาร์เรโต (Pareto Diagram)
4. การวิเคราะห์ห้อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ (Why-Why Analysis)
5. การทดสอบสมมติฐานสำหรับประชากรสองชุด (Hypothesis Testing for Two Populations)
6. หลักการการฉีดพลาสติก
7. การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)
8. การบำรุงรักษาด้วยตัวเอง (Self Maintenance)

#### 1. QC Story 7.steps

คิวซีสตอรี (QC Story) คือ วิธีการอย่างหนึ่งในการแก้ไขปัญหาซึ่งปัญหา คือ ผลที่ไม่พึงประสงค์ของงาน

ผู้รับผิดชอบปัญหานั้น จะต้องค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดผลอันไม่พึงประสงค์ของงานเพื่อที่จะกำจัดปัญหาออกไป เพื่อจะได้ควบคุมให้ผลงานอยู่ในเป้าหมายและข้อกำหนดที่วางไว้ ขั้นตอนในกระบวนการนี้ จะประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับผู้ร่วมงาน เป็นกิจกรรมที่มีกฎกติกา บทบาทและลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่อง เป็นการทำงานจริง มีชื่อว่า QC Story ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

##### 1.1.การคัดเลือกหัวข้อปัญหา คือ การระบุปัญหาให้ชัดเจน

- จับประเด็นปัญหาแสดงให้เห็นว่าปัญหาที่เลือกมาแก้ไขมีความสำคัญกว่าปัญหาอื่น
- กำหนด Theme (กำหนดหัวข้อปัญหา)

##### 1.2. การสำรวจสภาพปัจจุบัน คือ การสังเกต ตรวจสอบลักษณะจำเพาะของปัญหา

- รวบรวมข้อเท็จจริง
- กำหนดกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการแก้ไข
- กำหนดเป้าหมายและกำหนดเวลา

- กำหนดขอบเขตที่ต้องการปฏิบัติ ตารางเวลา และหน้าที่รับผิดชอบ

### 1.3. วางแผนการดำเนินงาน

- เสนอไอเดียสำหรับมาตรการป้องกันการเกิดซ้ำ
- พิจารณาวิธิดำเนินมาตรการให้เป็นรูปธรรม
- ตรวจสอบรายละเอียดของมาตรการด้วยข้อมูล

### 1.4. การวิเคราะห์สาเหตุ เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

- สืบค้นค่าลักษณะจำเพาะในปัจจุบัน
- หยิบยกปัจจัยสาเหตุ
- วิเคราะห์ปัจจัยสาเหตุที่แท้จริง
- กำหนดหัวข้อมาตรการ

### 1.5. ดำเนินมาตรการแก้ไขปัญหา คือ การปฏิบัติการเพื่อกำจัดสาเหตุหลักของปัญหา

- พิจารณาวิธีปฏิบัติ
- ดำเนินมาตรการปฏิบัติ

### 1.6. ตรวจสอบประเมินผลการแก้ไข เพื่อให้มั่นใจได้ว่าปัญหานั้นได้รับการแก้ไขและได้รับการป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำ

- ตรวจสอบเช็คผลของมาตรการ
- เปรียบเทียบกับค่าก่อนการปรับปรุง
- วัดผลสำเร็จ (ผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม และนามธรรม)

### 1.7. กำหนดมาตรฐาน

#### 1) จัดทำมาตรฐาน

- บัญญัติ/แก้ไขปัญหา
- กำหนดวิธีการควบคุม

#### 2) บริการให้คงอยู่อย่างต่อเนื่อง

- ทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนทราบ
- ฝึกอบรมผู้ปฏิบัติ
- คอยตรวจสอบว่ายังคงรักษาวิธีการควบคุมที่กำหนดไว้หรือไม่

## 2. ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (OEE)

### 2.1 หลักการวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE)

การชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรโดยตรงที่ได้รับความนิยม คือ การวัดประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE) จะเป็นตัวชี้วัดที่ครอบคลุมถึงการวัด

ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงปริมาณของผลผลิต รวมไปถึงถึงการวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรที่เป็นการวัดในเชิงคุณภาพของผลผลิตที่ควรจะเป็นค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรประกอบด้วยตัวแปรหลัก 3 ค่า คือ

- (1) อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate : A)
- (2) ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P)
- (3) อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q)

## 2.2 หลักการคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

ความหมายของคำนิยามที่เกี่ยวข้องกับเวลาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตดังนี้

1) เวลาทั้งหมด (Total Available Time) : ช่วงเวลาทำงานทั้งหมดในการทำงาน เช่น 1 กะ, 1 วัน หรือ 1 สัปดาห์

เวลาทั้งหมด(Total Available Time)
-----------------------------------

2) เวลารับภาระงาน (Loading Time) : เวลาที่ต้องการให้เครื่องจักรทำงาน คือเวลาทั้งหมดหักด้วยเวลาที่หยุดตามแผน

เวลารับภาระงาน (Loading Time)	หยุดตามแผน
-------------------------------	------------

- การหยุดตามแผน
- การปรับการผลิต

3) เวลาเดินเครื่อง (Operating Time) : เวลาที่เครื่องจักรทำงานได้ เป็นเวลารับภาระงานหักด้วยเวลาสูญเสียจากเครื่องจักรหยุด เช่น เครื่องจักรขัดข้อง การสูญเสียเวลาในการปรับแต่ง เป็นต้น

เวลาเดินเครื่อง (Operating Time)	เครื่องจักรหยุด
----------------------------------	-----------------

- เครื่องจักรขัดข้อง
- การปรับแต่งเครื่องจักร

4) เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) : เวลาที่ต้องใช้เดินเครื่องจักรตามทฤษฎีเมื่อต้องการผลิตชิ้นงานตามจำนวนที่กำหนด

เวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time)	สูญเสียความเร็ว
---	-----------------

- การหยุดเล็ก ๆ น้อย ๆ
- การสูญเสียความเร็ว

5) จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (Output) : จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมดรวมทั้งของดีและของเสีย

จำนวนชิ้นงานดี	ชิ้นงานเสีย
----------------	-------------

### 2.3 ค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรจะคำนวณได้ตามสูตรดังนี้

อัตราการเดินเครื่อง (Availability Rate : A) คือความพร้อมของเครื่องจักรในการทำงาน เป็นการเปรียบเทียบระหว่างเวลาเดินเครื่อง (Operating Time) กับเวลารับภาระงาน (Loading Time)

$$\begin{aligned} \text{อัตราการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลารับภาระงาน} - \text{เวลาที่เครื่องจักรหยุด}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \\ &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่อง}}{\text{เวลารับภาระงาน}} \end{aligned}$$

การสูญเสียเวลาที่เครื่องจักรหยุด (Downtime Loss) มีสาเหตุมาจากเครื่องจักรขัดข้อง (Machine Breakdowns) และจากการปรับแต่งเครื่องจักร (Setups and Adjustments)

ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency : P) คือสมรรถนะในการทำงานของเครื่องจักร โดยการเปรียบเทียบกันระหว่างเวลาเดินเครื่องสุทธิ (Net Operating Time) กับเวลาเดินเครื่อง (Operating Time)

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง} &= \frac{\text{เวลามาตรฐาน} \times \text{จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \\ &= \frac{\text{เวลาเดินเครื่องสุทธิ}}{\text{เวลาเดินเครื่อง}} \end{aligned}$$

การสูญเสียด้านประสิทธิภาพ (Performance Efficiency : P) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียจากการหยุด เล็ก ๆ น้อย ๆ การเดินเครื่องตัวเปล่า และความสูญเสียความเร็วของเครื่องจักร (Speed Losses)

อัตราคุณภาพ (Quality Rate : Q) คือความสามารถในการผลิตของดีให้ตรงตามข้อกำหนดของลูกค้าต่อจำนวนของที่ผลิตได้ทั้งหมด

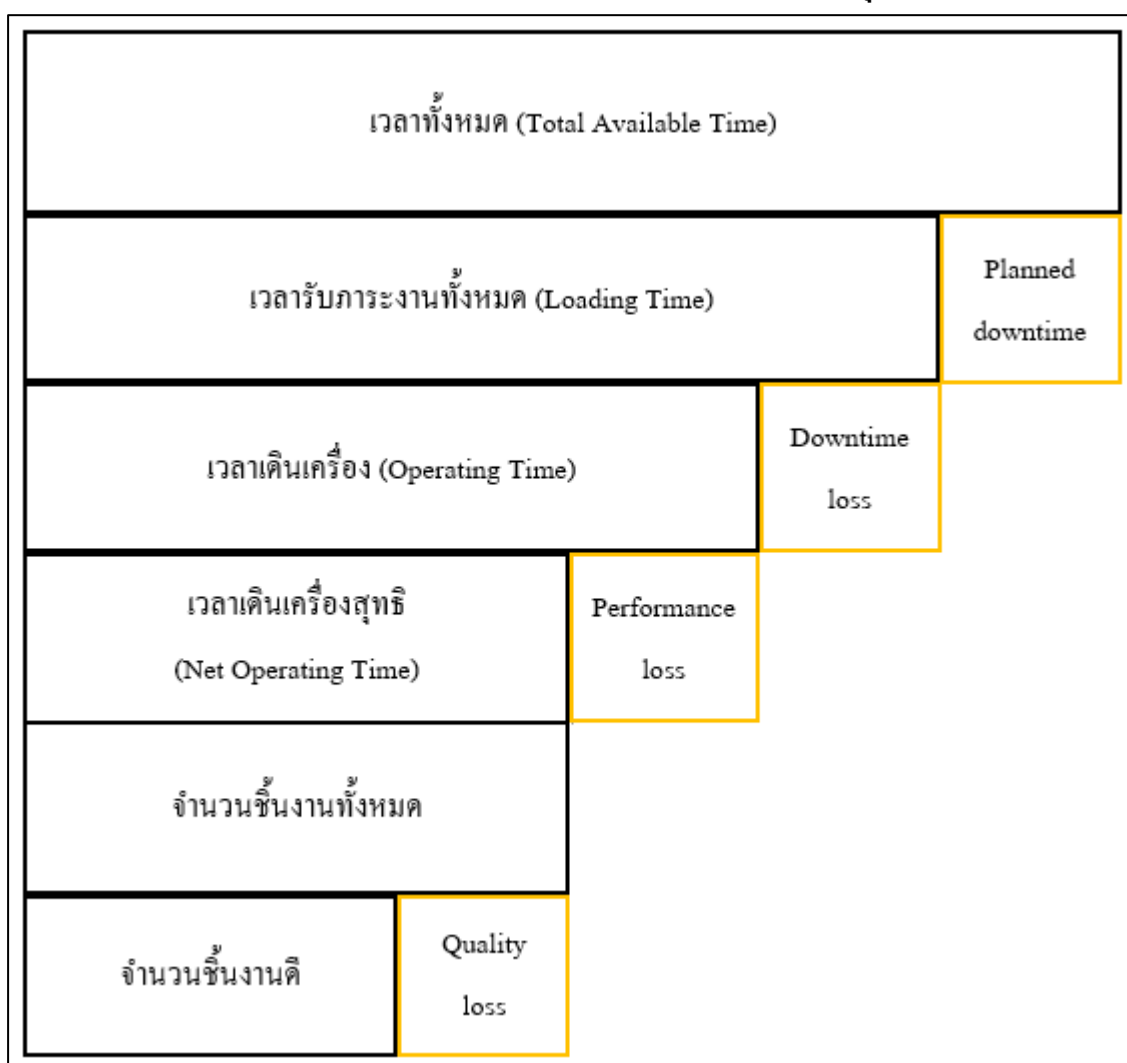
$$\begin{aligned} \text{อัตราคุณภาพ} &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด} - \text{จำนวนชิ้นงานเสีย}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}} \\ &= \frac{\text{จำนวนชิ้นงานดีทั้งหมด}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด}} \end{aligned}$$

การสูญเสียด้านคุณภาพ (Quality Loss) มีสาเหตุมาจากความสูญเสียจากงานเสีย (Defects) งานซ่อม (Rework) และความสูญเสียช่วงเริ่มต้นการผลิต (Start up Loss)

## 2.4 ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Effectiveness: OEE)

คือค่าที่ได้ผลคูณระหว่างอัตราการเดินเครื่อง ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง และอัตราคุณภาพจะแสดงถึงความพร้อมของเครื่องจักรในการใช้งานว่าเป็นอย่างไร การเดินเครื่องจักรเต็มความสามารถหรือไม่ มีการผลิตชิ้นงานเสียมากน้อยเท่าไร ดังนั้น ค่าประสิทธิผลโดยรวมจะเท่ากับ

$$\text{อัตราการเดินเครื่อง(A)} \times \text{ประสิทธิภาพการเดินเครื่อง(P)} \times \text{อัตราคุณภาพ(Q)}$$

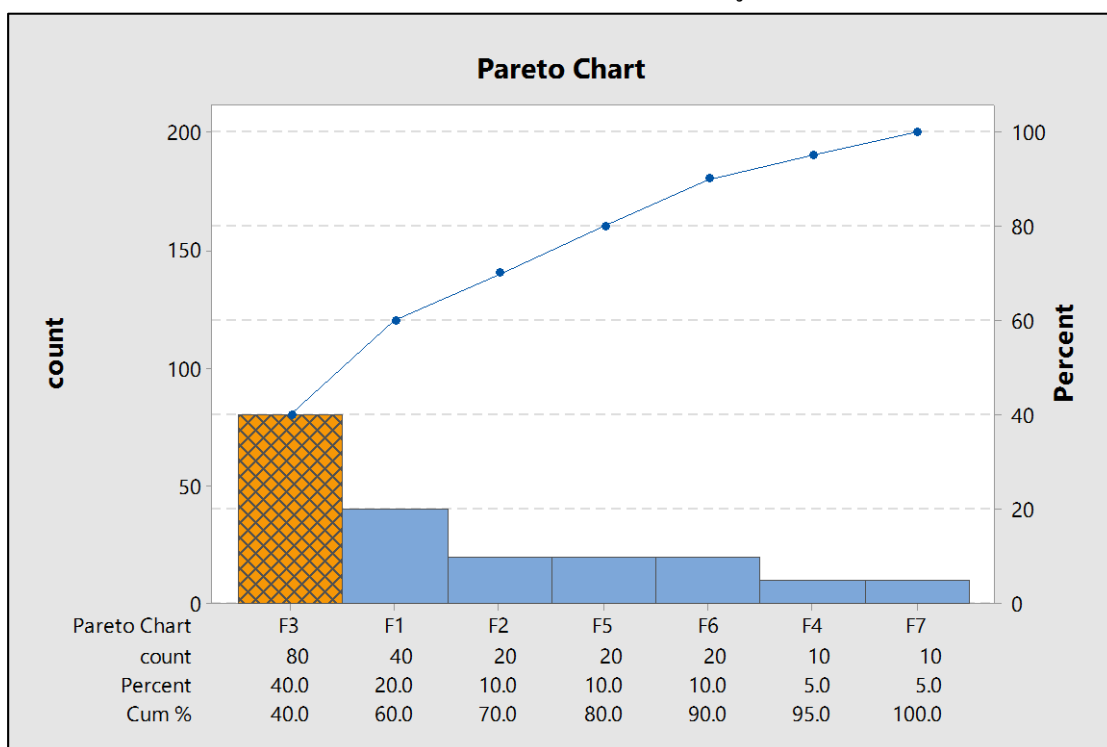


รูปที่ 2.1 การคำนวณค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร (ชาญชัย, 2549)

### 3. แผนภูมิพาร์โต (Pareto Diagram)

เชคิเนะ เกนอิจิ ให้คำอธิบายว่า แผนภูมิพาร์โต ได้ชื่อมาจาก Vilfredo Pareto นักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาลี เป็นผู้คิดค้นวิธีนี้ขึ้นมา และนำมาเผยแพร่ในปลายศตวรรษที่ 19 โดยใช้กฎ 80/20 ซึ่งมีที่มาจากจากการสำรวจพบว่า ในประเทศอิตาลี ในยุคนั้น มีคนรวย 20% คนจน 80% และใน 20% นี้ครอบครองทรัพย์สิน 80% ในขณะที่คน 80% ครอบครองทรัพย์สิน 20%

แผนภูมิพาร์โต (Pareto Diagram) มีลักษณะคล้ายกับกราฟแท่ง หรือ Histogram แตกต่างกันในที่แท่งข้อมูลตามแกนนอน มีค่าลดลงตามลำดับ หลักการของแผนภูมิพาร์โต ในการปรับปรุงคุณภาพ คือการหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ (Quality function) ตัวอย่างเช่น ถ้าหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพ และนำมาหาค่าตัวเลขหรือร้อยละของผลกระทบนั้น และจัดลำดับจากมากไปน้อย นำมาเขียนกราฟโดยให้แกนตั้งด้านซ้าย เป็นค่าจริงของผลกระทบของตัวแปร ส่วนแกนตั้งด้านขวา เป็นค่าสะสมของผลกระทบของตัวแปรดังในตัวอย่างในรูปที่ 2.2



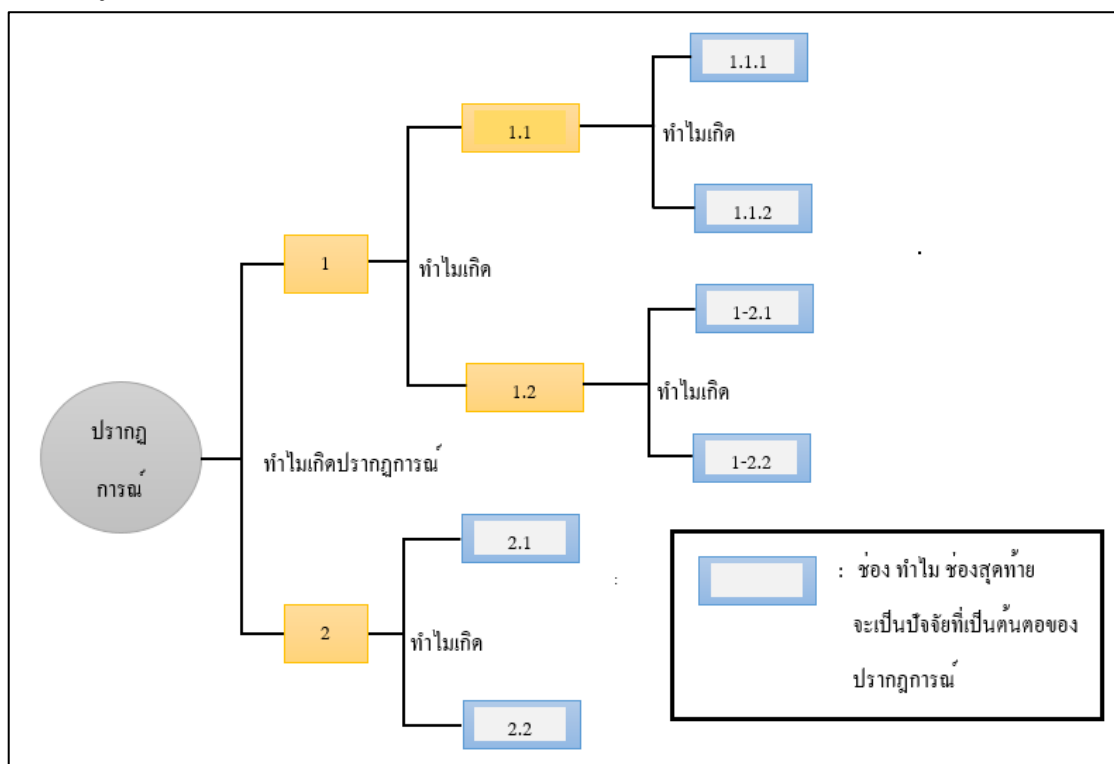
รูปที่ 2.2 แสดงกราฟพาร์โต

พาร์โต กราฟความสัมพันธ์ 2 แบบ คือ กราฟแท่งที่แสดงตัวเลขหรือร้อยละในความสัมพันธ์ของข้อมูล (ได้แก่ 80,40,20,20,20,10,10) และผลรวมของเปอร์เซ็นต์ความเสียหายสะสม (Cumulative Sum) (ได้แก่ 40,60,70,80,90,95,100) กราฟที่ได้จะแสดงให้เห็นลำดับและขนาดของผลกระทบของปัจจัยความเสียหายหรือตัวแปร และแสดงให้เห็นว่าการแก้ไขปัญหามุ่งเน้นไปที่ตัวแปรใดก่อน เช่น การแก้ไขปัญหาคือ F1 ถึง F5 เพื่อให้ครอบคลุมหลักการ 80%

ของพาเรโต ซึ่งแผนภูมิพาเรโตมีประโยชน์ในการสรุปผลรวม และประมาณการถึงขนาดของปัญหา ที่จะแก้ไขได้จากแต่ละตัวแปร

#### 4. การวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ (Why-Why Analysis)

4.1 Why-Why Analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอน ไม่เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่การคิดแบบคาดเดาหรือนั่งเทียน รูปด้านล่างนี้เป็นการอธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุ

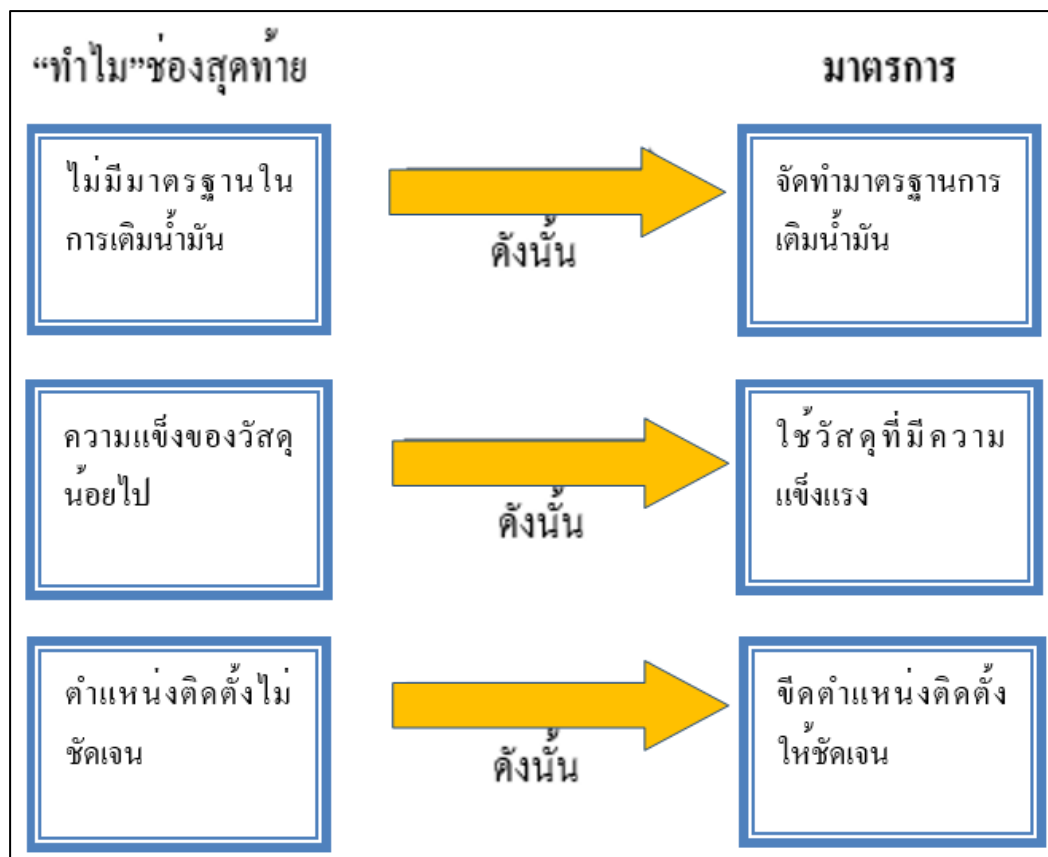


รูปที่ 2.3 วิธีการคิดของ Why-Why Analysis (วิเชียร, 2540)

จากรูป 2.3 เมื่อมีปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น จะต้องคิดวิเคราะห์หาคำถามว่า “ทำไม” เช่นหากมีปัจจัยมา 2 ข้อคือ 1 และ 2 เราต้องคิดต่อไปว่าทำไม 1 และ 2 ถึงเกิดขึ้น หากพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิด 1 เกิดขึ้นจาก 1.1 และ 1.2 ส่วนปัจจัยที่ทำให้ 2 เกิดขึ้นจาก 2.1 และ 2.2 ซึ่งจะต้องพยายามค้นหาคำตอบของสาเหตุต่าง ๆ โดยการถามว่า “ทำไม ทำไม ทำไม” ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงตอของปัญหา

และแล้ว ในช่อง “ทำไม” ช่องสุดท้าย (ตามรูปคือส่วนของ   ) จะเป็นต้นตอของปัจจัยต่าง ๆ ที่นำไปสู่การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ซึ่งเราสามารถระบุได้ว่าอะไรเป็นต้นตอของปัญหา

4.2 จากปัจจัยที่เป็นตอของปัญหา คิดพลิกกลับไป เราก็จะสามารถหามาตรการแก้ไขได้ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 มาตรการอยู่ที่การพลิกกลับด้านของ “ทำไม” (วิเชียร, 2540)

แต่ปัจจัยที่อยู่หลังสุด (ประโยคที่เขียนในช่อง “ทำไม” ของสุดท้าย) จะต้องเป็นปัจจัยที่สามารถพลิกกลับกลายเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ เป็นมาตรการป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำอีก หากสถานที่ทำงานเรานั้นไม่ใช่ชิ้นงาน เครื่องมือ หรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรไม่ดีแต่ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นเรื่องแนวคิด วิธีปฏิบัติ หรือวิธีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง เช่น แนวคิดในการออกแบบหรือผลิต วิธีการติดตั้ง วิธีการใช้ขั้นตอน และวิธีการบำรุงรักษา เช่น ทำความสะอาด เติมน้ำมัน ชัน โบลท์ ตรวจสอบ เป็นต้น

คังนั้น ถ้าเราไม่ถามคำว่า “ทำไม” ไปเรื่อย ๆ เพื่อค้นหาปัจจัยที่เป็นต้นตอของปัญหาเราจะไม่สามารถค้นพบมาตรการป้องกันการเกิดของปัญหาที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพได้



## 5. การทดสอบสมมติฐานสำหรับประชากรสองชุด (Hypothesis Testing for Two Populations)

5.1 การสุ่มตัวอย่างจากประชากร 2 ชุด เป็นการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของประชากร 2 ชุด โดยทั่วไปกำหนดให้

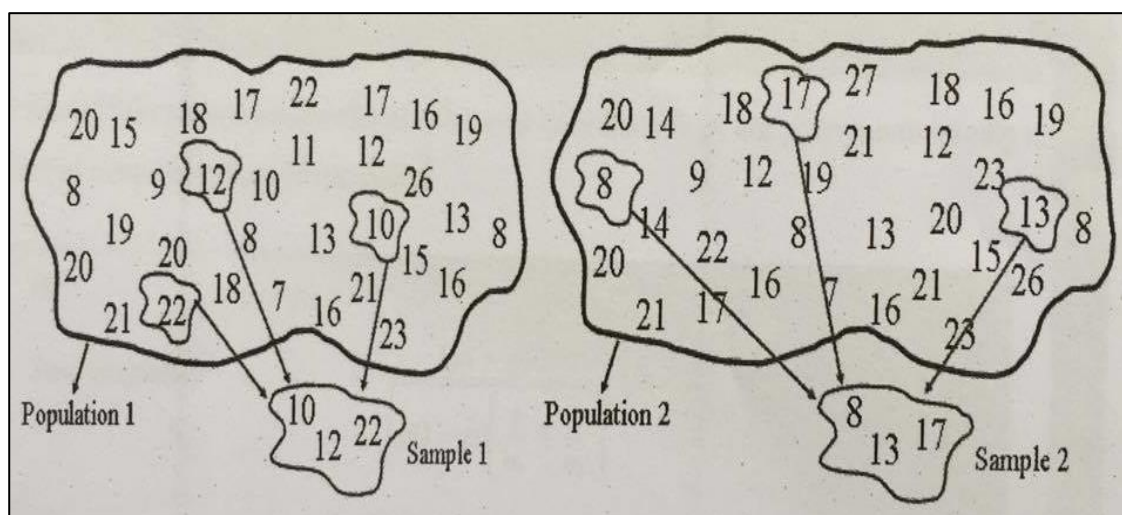
ประชากรชุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ย  $\mu_1$  และความแปรปรวน  $\sigma_1^2$

ประชากรชุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ย  $\mu_2$  และความแปรปรวน  $\sigma_2^2$

และการอ้างอิงสรุปผลจากตัวอย่างสุ่ม 2 ชุดที่มีขนาด  $n_1$  และ  $n_2$  ตามลำดับนั้นคือ

$x_{11}, x_{12}, x_{13}, \dots, x_{1n_1}$  เป็นตัวอย่างจำนวน  $n_1$  จากชุดประชากรที่ 1

$x_{21}, x_{22}, x_{23}, \dots, x_{2n_2}$  เป็นตัวอย่างจำนวน  $n_2$  จากชุดประชากรที่ 2



รูปที่ 2.5 แสดงการสุ่มตัวอย่างจากประชากร 2 ชุด (ประไพศรี, 2549)

## 5.2 การทดสอบสมมติฐานของผลต่างค่าสัดส่วน (Hypothesis Test Two Population Population)

มีพารามิเตอร์ที่มีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial Distribution);  $p_1$  และ  $p_2$  การทดสอบสมมติฐานสำหรับอัตราส่วนของพารามิเตอร์ทั้งสองแสดงดังรูปที่ 2.6

$H_0:$	$p_1 = p_2$	
Test Statistic:	$z_0 = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2)}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right]}}$	
$H_1$		เงื่อนไขในการปฏิเสธ $H_0$
$p_1 \neq p_2$		$z_0 > z_{\alpha/2}$ หรือ $z_0 < -z_{\alpha/2}$
$p_1 > p_2$		$z_0 > z_{\alpha}$
$p_1 < p_2$		$z_0 < -z_{\alpha}$
หมายเหตุ	$z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{n_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{n_2}}}$	
ถ้า $H_0 : p_1 = p_2$ ดังนั้น	$z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - 0}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right]}}$	ซึ่งมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน
และ	$\hat{p} = \frac{x_1 + x_2}{n_1 + n_2}$	

รูปที่ 2.6 แสดงการทดสอบสมมติฐานอัตราส่วนของพารามิเตอร์ทั้งสอง (ประไพศรี, 2549)

## 6 หลักการการฉีดพลาสติก

6.1 องค์ประกอบหรือส่วนประกอบที่สำคัญ ในกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อให้ได้คุณภาพของชิ้นงานที่ดีอัตราการผลิตที่สูง และมีจำนวนของเสียน้อย มีอยู่ 7 ส่วนดังนี้

### 1) วัตถุดิบพลาสติก (Material)

การเลือกชนิดและเกรดของพลาสติกอย่างถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งาน ไม่ควรมองที่ราคาของวัตถุดิบเป็นหลักแต่ควรมองว่าจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบส่วนประกอบด้วยว่ามีอะไรบ้าง ที่จะเหมาะสมกับคุณภาพชิ้นงานฉีดที่ต้องการ สามารถผลิตชิ้นงานได้ปริมาณมาก ๆ โดยมีผลกระทบต่อชิ้นงานน้อยที่สุด ใช้พลังงานในการผลิตน้อยที่สุด

### 2) แม่พิมพ์ฉีด (Plastic injection mold)

การออกแบบอย่างเหมาะสม เช่น ลักษณะของแม่พิมพ์ต้องเป็นตามแบบและเหมาะสมกับเครื่องฉีด จำนวนของคาวีตี้ (Cavity) ระบบการหล่อเย็นต้องมีคุณภาพ ภายในแม่พิมพ์ระบบคลายและปลดชิ้นงาน ตำแหน่งรอยประกบแม่พิมพ์ต้องให้ได้ขนาดของทางน้ำพลาสติกวิ่ง (Runner) และ

ทางน้ำพลาสติกเข้า (Gate) ตำแหน่งของทางน้ำพลาสติกเข้า การระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์การเลือกใช้วัสดุโลหะที่ถูกต้องเหมาะสมในการทำแม่พิมพ์รวมถึงกระบวนการทางความร้อน (การชุบแข็ง) ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของแม่พิมพ์ด้วย

### 3) เครื่องฉีด (Machine)

การเลือกขนาดของเครื่องฉีดได้ถูกต้อง ปริมาณเนื้อพลาสติกและแรงดันฉีดของเครื่องฉีดต้องเพียงพอต่อขนาดของชิ้นงานที่จะทำการฉีด ความเร็วในการทำงานของเครื่องฉีดสามารถทำ Cycle Time ได้ตามที่ต้องการ แรงดันฉีด ความเร็วฉีดและความดันย้ำซึ่งมีหลายจังหวะให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานที่ทำการฉีด ใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมไม่แพง ซ่อมแซมได้ง่ายในเวลาเร่งด่วน ต้องมีบริการหลังการขาย ราคาเครื่องฉีดจะต้องมีราคาที่เหมาะสมกับการใช้งานและมีมูลค่าการผลิตสินค้าได้ตามที่ต้องการ

### 4) วิธีการหรือพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งการฉีด (Method)

การรวม 3M คือ Material (วัตถุดิบพลาสติก), Mold (แม่พิมพ์ฉีด), Machine (เครื่องฉีด) มาใช้ประโยชน์การไหลเข้าแม่พิมพ์ และการเย็นตัวในแม่พิมพ์ ตลอดจนดูแลจัดการให้แม่พิมพ์พร้อมที่จะรับพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ ให้พักตัวอยู่ในแม่พิมพ์และปล่อยออกจากแม่พิมพ์เมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม การสั่งการควบคุม การดูแลจัดการต่าง ๆ จะต้องมีความสมดุลกันมากที่สุด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพและเสียหายน้อยที่สุด

### 5) ช่างฉีดหรือบุคลากร (Man)

ผู้ที่ปรับตั้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการฉีดได้จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับวัสดุพลาสติกแม่พิมพ์ และเครื่องฉีดพลาสติก ที่จะใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกเป็นอย่างดีโดยเริ่มต้นจาก ชนิดของพลาสติก อุณหภูมิพลาสติกเหลว ความหนาแน่น ความดันที่ต้องใช้คุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติกเหลว ลักษณะของทางน้ำพลาสติกวิ่ง (Runner) และทางน้ำพลาสติกเข้า (Gate) ระยะและขนาดของช่องทางการไหล ระบบการหล่อเย็น การปลดชิ้นงาน ฟังก์ชันและปุ่มควบคุมการทำงานได้ดี ตลอดจนการตรวจเช็คชิ้นงานอย่างละเอียด ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกก่อนเสมอ จะต้องสังเกตดูสิ่งที่เกิดขึ้นจริงกับพลาสติกในระหว่างที่เครื่องฉีดพลาสติกทำงานอยู่ และต้องรู้จักพารามิเตอร์ 5 ตัวหลัก ๆ ของเครื่องฉีดพลาสติก คือ อุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว ระยะทาง และเวลา นอกจากนี้จะต้องรู้จักลักษณะของปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่อาจเกิดขึ้นเพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม รวดเร็ว และควรมีความสามารถด้านการคำนวณเป็นอย่างดี

## 6) การจัดการในการฉีด (Management)

การวางแผนการผลิตอย่างเหมาะสม เช่น การวางแผนในการฉีดตามลำดับของชนิดของพลาสติก เช่น ฉีดชิ้นงานที่มีสีใสหรือสีอ่อนก่อนแล้วตามด้วยการฉีดชิ้นงานที่มีสีเข้ม

### 6.1 ชนิดของเครื่องฉีดพลาสติก

การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกจะมีการทำงานอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 รูปแบบ ดังนี้

- แบบไม่เป็นอัตโนมัติ (Manual) จะตั้งให้เครื่องทำงานในขั้นตอนใดก่อนหลังก็ได้ตามที่ต้องการ

- แบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic) การทำงานจะเป็นไปตามขั้นตอนของเครื่องฉีดเพียงวงจรการทำงานเดียวเท่านั้นจากนั้นเครื่องจะหยุด

- แบบอัตโนมัติทั้งหมด (Fully-Automatic) จะมีการทำงานเป็นไปตามขั้นตอนของเครื่องฉีด โดยเมื่อครบวงจรการทำงานของเครื่องฉีดแล้ว ก็จะเริ่มวงจรการทำงานใหม่ทันที

โดยการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติทั้งหมดจะมีขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติกประกอบไปด้วย 9 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

(1) แม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิด โดยจะมีพารามิเตอร์คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว และระยะทางในการเคลื่อนที่ปิดเข้าหากันของแม่พิมพ์ ซึ่งส่วนมากจะแบ่งออกได้เป็น 5 ช่วงดังต่อไปนี้

- 1.1) เป็นช่วงที่แม่พิมพ์ด้านเคลื่อนที่เริ่มเคลื่อนที่เข้าไปหาแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่ โดยใช้ความเร็วที่ช้าเป็นระยะทางสั้น ๆ
- 1.2) เป็นช่วงแม่พิมพ์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นเป็นระยะห่างยาว ๆ
- 1.3) เป็นช่วงที่แม่พิมพ์กำลังลดความเร็วลงในระยะห่างที่เหลือไม่มากนัก
- 1.4) เป็นช่วงที่ช่วยป้องกันแม่พิมพ์ไม่ให้เกิดความเสียหายก่อนที่แม่พิมพ์จะปิดสนิท
- 1.5) ช่วงที่แม่พิมพ์ปิดสนิท หรือช่วงปิดล็อกแม่พิมพ์ด้วยความดันหรือแรงที่สูงมาก

(2) ชูดฉีดหรือหัวฉีดเคลื่อนที่เข้าชนและแนบกับแม่พิมพ์ โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน(แรง) และความเร็ว

(3) สกรูเคลื่อนที่ตามแนวแกนโดยไม่มีการหมุน เพื่อขับเคลื่อนพลาสติกเหลวที่อยู่ในกระบอกฉีดให้ไหลออกจากหัวฉีดเข้าไปให้เต็มแม่พิมพ์ เรียกว่า จังหวะฉีด (Injection Phase) ประกอบด้วยพารามิเตอร์หลัก ๆ คือ ความเร็วฉีด ความดันฉีด ระยะทางการฉีด เวลาในการฉีด ผู้ผลิตเครื่องฉีดพลาสติกบางบริษัทได้ออกแบบให้สกรูสามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกนพร้อมกับหมุนไปด้วย เพื่อป้อนพลาสติกไปพร้อมกับการฉีด ทำให้สามารถฉีดชิ้นงานที่มีปริมาตรและน้ำหนักมากกว่าปกติได้

(4) สกรูเคลื่อนที่ตามแนวแกน โดยไม่มีการหมุน เพื่อขับเคลื่อนพลาสติกเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์เพิ่มเติมหลังจากที่พลาสติกเหลวเต็มในแม่พิมพ์แล้ว ทั้งนี้เพื่อยุ้รักษาความดันให้พลาสติกในแม่พิมพ์ให้มีความหนาแน่นตามที่ต้องการเรียกว่า ช่วงการย้า (Holding Phase) ชิ้นงานจะมีขนาดที่เที่ยงตรง และมีความแข็งแรง ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์หลัก ๆ คือ ความดัน เวลา และความเร็ว

(5) ที่สกรูเริ่มหมุนเพื่อดึงเม็ดพลาสติกในกรวยเติมเม็ดพลาสติก พร้อมทั้งป้อนไปข้างหน้าของสกรูเพื่อทำการหลอมผสมและป้อนพลาสติกเหลวไปอยู่หน้าปลายสกรูฉีด เรียกว่า จังหวะ Plasticizing โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว ระยะทาง โดยจังหวะการทำงานเป็นตัวกำหนดปริมาณเนื้อพลาสติกเหลวหรือระยะถอยสกรู และระยะตั้งเนื้อพลาสติกตามที่ต้องการ จากเวลาที่สั่งให้สกรูหมุนนั้นพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายสกรูจะเกิดแรงดันจนทำให้สกรูถอยหลังกลับไปยังทิศทางของกรวยเติมเม็ดพลาสติกได้ และในขั้นตอนนี้จะมีการใช้แรงดันในการดันการถอยหลังกลับของสกรูเพื่อควบคุมความหนาแน่นของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายสกรูฉีดให้มีค่าคงที่ เรียกว่า Back Pressure ไปจนมีการกระตุกสกรูให้เคลื่อนที่ตามแนวแกนเท่านั้น ในช่วงก่อนเริ่มต้นหมุนสกรู และเมื่อสกรูหยุดหมุนแล้วที่เรียกว่า Suck Back หรือ Pull Back หรือ Decompression

(6) การหล่อเย็นพลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์ให้เปลี่ยนจากพลาสติกเหลวเป็นของแข็ง โดยจะทำงานพร้อมกับการเริ่มหมุนสกรูเพื่อหลอมและป้อนพลาสติกเหลวไปหน้าปลายสกรูฉีดในขั้นตอนที่ 5 โดยขั้นตอนที่ 5 และ 6 นี้จะเริ่มทำงานพร้อมกันเมื่อสิ้นสุดเวลาในการย้ารักษาความดัน

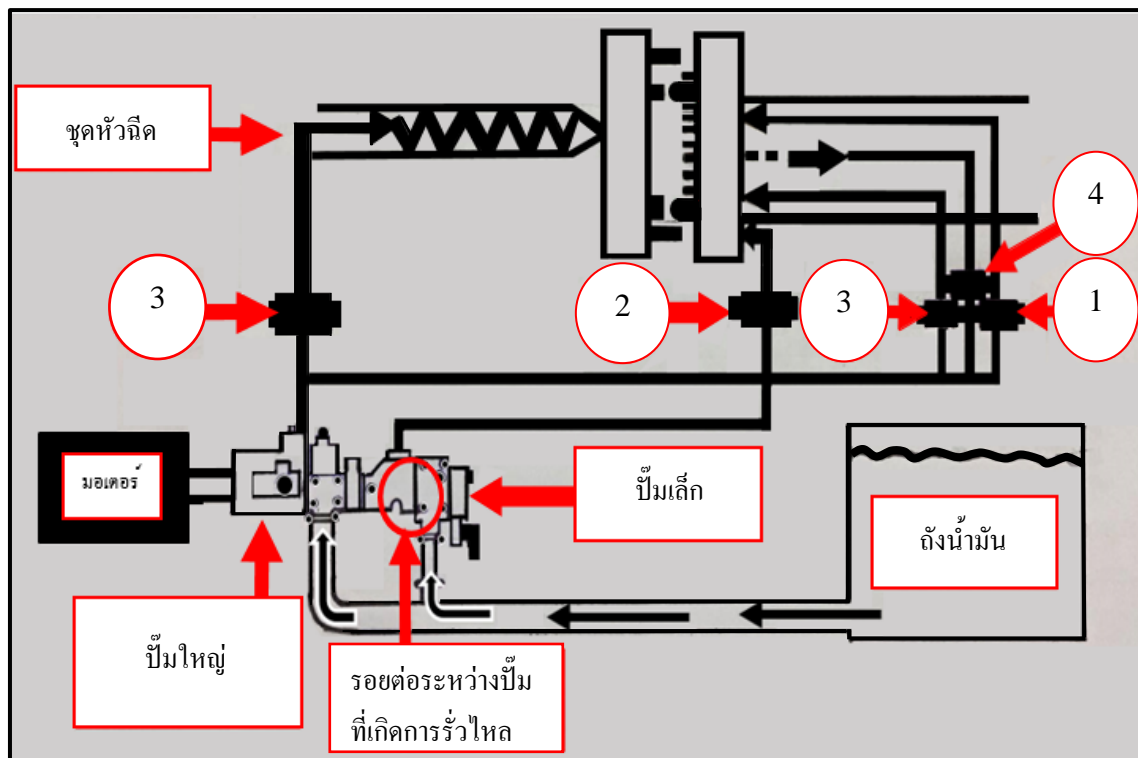
(7) ชุดฉีดหรือหัวฉีดเคลื่อนที่ถอยออกจากแม่พิมพ์ จะทำงานเมื่อสกรูหยุดการเคลื่อนที่แล้ว โดยจะมีพารามิเตอร์คือ ความดัน (แรง) และความเร็ว

(8) แม่พิมพ์เคลื่อนที่เปิดเมื่อเวลาในการหล่อเย็นจากขั้นตอนที่ 6 นั้นหมดลง โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน ความเร็ว ระยะทาง ความเร็วและระยะทางในการเปิดแม่พิมพ์ ส่วนมากจะมีอยู่ 3 ระยะ คือระยะแรกเป็นช่วงที่แม่พิมพ์เริ่มเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ควรใช้ความเร็วที่ช้า ๆ และเป็นระยะทางสั้น ๆ เพื่อให้ชิ้นงานฉีดสามารถขยับตัวเคลื่อนที่ออกจากแม่พิมพ์ด้านที่อยู่กับที่และดีดออกมากับแม่พิมพ์ด้านที่เคลื่อนที่ได้ หลังจากนั้นจึงใช้ความเร็วจังหวะที่สองให้เร็วขึ้นและเป็นระยะทางที่ยาวขึ้นด้วยความเร็ว และในช่วงที่สามซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายก่อนจะถึงตำแหน่งที่แม่พิมพ์เปิดมากที่สุด ควรใช้ความเร็วที่ช้าลง เพื่อให้แม่พิมพ์สามารถหยุดได้ตรงตำแหน่งโดยไม่เกิดการสั่นสะเทือน

(9) การกระทุ้งชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์ โดยจะมีพารามิเตอร์ของความเร็ว ความดัน ระยะทาง และจำนวนครั้งในการกระทุ้ง

## 7) ขั้นตอนการฉีดพลาสติก

หลักการการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก มี 5 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

จากรูปที่ 2.7 มีขั้นตอนการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 7.1) วาล์วตัวที่ 1 เปิด ปั๊มตัวใหญ่ทำหน้าที่ CLAMPROL (ปิดแม่พิมพ์)
- 7.2) วาล์วตัวที่ 2 เปิด ปั๊มตัวเล็กทำหน้าที่ป้องกัน CLAMPROL ถอย (ป้องกันแม่พิมพ์ถอย)
- 7.3) วาล์วตัวที่ 3 เปิด ปั๊มตัวใหญ่ทำหน้าที่ฉีดน้ำพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์
- 7.4) วาล์วตัวที่ 4 เปิด ปั๊มตัวใหญ่ทำหน้าที่เปิดแม่พิมพ์ออก
- 7.5) วาล์วตัวที่ 5 เปิด ปั๊มตัวใหญ่ทำหน้าที่กระทุ้งชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

## 7. การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการบำรุงรักษาอีกระดับหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาจากการบำรุงรักษาเมื่อขัดข้องเนื่องจากไม่ต้องการให้เครื่องจักรเสียหายในขณะที่กำลังทำการผลิต

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเปรียบได้อย่างชัดเจนกับการดูแลร่างกายอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อให้มีสุขภาพแข็งแรง เครื่องจักรก็เช่นเดียวกัน จะต้องดูแลอย่างถูกต้อง ประกอบด้วย 3 แบบ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน Preventive Maintenance (ธานี, 2552)

1.การตรวจเช็คประจำวัน	2.การตรวจสอบตามคาบเวลา	3.การรักษาตั้งแต่เนิ่น ๆ
- ทำความสะอาด	- ตรวจเช็คประจำเดือน	- กำหนดเวลาเปลี่ยน
- หล่อลื่น	- ตรวจเช็คความเที่ยงตรง	- กำหนดเวลาปรับปรุง
- ชันแน่น	- ตรวจเช็คใหญ่ประจำปี	- เปลี่ยนลักษณะการใช้งาน
- อื่น ๆ	- อื่น ๆ	- อื่น ๆ

## 8 การบำรุงรักษาด้วยตัวเอง (Self-Maintenance)

8.1 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง คือ การป้องกันเครื่องจักรของตนเอง หมายถึงการที่ผู้ใช้เครื่องสามารถทำการตรวจสอบประจำวัน หล่อลื่น เปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ ซ่อมแซมเบื้องต้น สังเกตความผิดปกติของเครื่องจักรและตรวจสอบอุปกรณ์ เพื่อป้องกันเครื่องจักรของตนเองไม่ให้เกิดความเสียหาย

8.2 การบำรุงรักษาด้วยตนเอง คือ การเป็นผู้เชี่ยวชาญในการใช้เครื่องจักรของตนเอง เพื่อให้ทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรของตนเองได้ และเพื่อทำการปรับปรุงเครื่องจักรประจำวัน เช่น การทำความสะอาด การหล่อลื่น และการตรวจสอบเครื่องจักร เป็นต้น