บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากความต้องการลดปัญหาการเกิดครีบในกระบวนการผลิต ของโรงงานกรณีศึกษา ผู้ศึกษาได้รวมแนวคิด ทฤษฎีและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาทำการศึกษาเพื่อใช้เป็นวิธีการออกแบบ ขั้นตอนการลดของเสียในกระบวนการผลิต รวมถึงแนวทาง เครื่องมือ วิธีการที่ใช้เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตประกอบด้วยข้อมูล ทฤษฎี เครื่องมือต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ความสูญเสีย 7 ประการ

2.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (QC 7 Tools.)

2.3 กระบวนการฉีดพลาสติก (Injection)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสูญเสีย 7 ประการ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตถุงพลาสติก เนื่องจากในอุตสาหกรรมนี้มีการแข่งขันกันสูง ดังนั้นการทำให้ต้นทุนการผลิตของบริษัทต่ำที่สุดจึงเป็นการเพิ่มโอกาสในการขาย และทำให้มีศักยภาพในการแข่งขันสูงขึ้น การลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นหนทางหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้ งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการสำรวจสภาพโรงงาน เพื่อศึกษาปัญหาและความสูญเสียที่เกิดขึ้นตามแนวคิดความสูญเสีย 7 ประการ หลังจากสำรวจแล้วได้ทำการคัดเลือกความสูญเสียจากมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน เพื่อทำการปรับปรุง โดยพบว่าความสูญเสียจากการผลิตของเสีย และความสูญเสียจากการขนย้ายวัตถุดิบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูยเสีย 7 ประการได้แก่ (วรัญญา งามขำ, 2558)

2.1.1 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction)

การผลิตสินค้าปริมาณมากเกินความต้องการการใช้งานในขณะนั้น หรือผลิตไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานาน มาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้นตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในแต่ละครั้งโดยไม่ได้คำนึงถึงว่าจะทำให้มีงานระหว่างทำ (Work in process, WIP) ในกระบวนการเป็นจำนวนมากและทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

2.1.1.1 ปัญหาจากการผลิตมากเกินไป

1. เสียเวลาและแรงงานไปในการผลิตที่ยังไม่จำเป็น
2. เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ (WIP)
3. เกิดการขนย้ายวัสดุที่ซ้ำซ้อนโดยไม่จำเป็น
4. ของเสียไม่ได้รับการแก้ไขทันที
5. ต้นทุนจม เนื่องจากต้องการพื้นที่เพื่อจัดเก็บมากขึ้น (More Storage Area) และเกิดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ เช่น การเช่าโกดัง เพื่อเก็บวัสดุและสินค้า
6. ปิดบังปัญหาการผลิต เช่น เครื่องจักรเสีย

7. ใช้ทรัพยากรในการบริหารจัดการมากขึ้นเช่น พนักงานในการควบคุมงาน งานเอกสาร เป็นต้น

8. ความเสื่อมของสภาพสินค้า

2.1.1.2 <u>การปรับปรุง</u>

1. บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมผลิตตลอดเวลา

2. ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร (Reduce Setup Time) โดยศึกษาเวลาในการตั้งเครื่องจักร จากนั้นทำการปรับปรุง

ก. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มตั้งเครื่อง

ข. แยกขั้นตอนที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังทำงานอยู่ออกจากขั้นตอนที่ต้องทำเมื่อเครื่องจักรหยุดเท่านั้น

ค. จัดลำดับขั้นตอนในการตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสม

ง. กระจายงานอย่างเหมาะสมโดยไม่ให้เกิดการรองาน

จ. จัดหา/ทำอุปกรณ์เพื่อช่วยในการกำหนดตำแหน่งอย่างรวดเร็ว

3. ปรับปรุงขั้นตอนที่เป็นคอขวด (Bottle-Neck) ในกระบวนการ เพื่อลดรอบเวลาการผลิต

4. ผลิตในปริมาณและเวลาที่ต้องการเท่านั้น โดยปรับเวลาของกระบวนการให้สอดคล้องกับปริมาณการผลิต (Synchronize Time And Amount Of Process)

5. ทำการผลิตเฉพาะที่จำเป็น (Make Only What Is Need Now)

6. ฝึกให้พนักงานมีทักษะหลายอย่าง

2.1.2 ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory)

การซื้อวัสดุคราวละมาก ๆ เพื่อเป็นประกันว่าจะมีวัสดุสำหรับผลิตตลอดเวลาหรือเพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อ จะส่งผลให้วัสดุที่อยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้งานอยู่เสมอ เป็นภาระในการดูแลและการจัดการ ซึ่งทางโตโยตาถือว่าสินค้าคงคลังเปรียบเสมือนปีศาจ (Evil)

2.1.2.1 ปัญหาจากการเก็บวัสดุคงคลัง

1. ใช้พื้นที่จัดเก็บมาก

2. ต้นทุนจม อยู่ในกระบวนการนานเท่าที่วัสดุถูกสั่งมาจนกระทั่งทำการผลิตเสร็จ และขายให้กับลูกค้า

3. เมื่อเปลี่ยนคำสั่งการผลิต จะมีวัสดุตกค้างอยู่ในคลังสินค้ามากโดยไม่ทราบว่าจะมีความต้องการใช้อีกเมื่อไร

4. วัสดุเสื่อมคุณภาพและล้าสมัย (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่ดีพอ)

5. สั่งซื้อซ้ำซ้อน (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่เพียงพอ)

6. ต้องการแรงงานและการจัดการมากในการจัดเก็บ

2.1.2.2 การปรับปรุง

1. กำหนดระดับในการจัดเก็บ มีจุดสั่งซื้อที่ชัดเจน

2. จัดทำแผนการจัดซื้อให้สอดคล้องกับกำหนดการผลิต

3. สร้างระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Jit In Time)

4. ลดช่วงเวลานำ (Lead Time) ในการจัดซื้อ เพื่อลดความถี่ของการจัดซื้อคราวละมาก ๆ โดยการสร้างสัมพันธ์กับคู่ค้า และการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management)

5. ปรับการไหลของงานให้สอดคล้องกับกระบวนการ เพื่อลดการสะสมของงานระหว่างกระบวนการ

6. ควบคุมปริมาณวัสดุโดยใช้เทคนิคการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) เพื่อให้สามารถเข้าใจและสังเกตได้ง่าย อีกทั้งช่วยให้เกิดความสะดวก และลดความผิดพลาดในการสั่งซื้อเกินความจำเป็นได้

7. ใช้ระบบเข้าก่อน ออกก่อน (First In First Out) เพื่อป้องกันไม่ให้มีวัสดุตกค้างเป็นเวลานาน

8. วิเคราะห์หาวัสดุทดแทน (Value Engineering) ที่สามารถสั่งซื้อได้ง่ายมาใช้แทน เพื่อลดปริมาณวัสดุที่ต้องทำการจัดเก็บ

2.1.3 ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transporation)

การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ ดังนั้นจึงต้องควบคุมและลดระยะทางในการขนส่งลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

2.1.3.1 ปัญหาจากการขนส่ง

1. ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน อุปกรณ์การขนย้าย และค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์เหล่านั้น

2. เสียเวลาในการผลิต

3. วัสดุเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม

4. เกิดอุบัติเหตุหากขาดความระมัดระวังในการขนส่ง

2.1.3.2 การปรับปรุง

1. วางผังเครื่องจักรใหม่ จัดลำดับเครื่องจักรตามกระบวนการผลิตให้อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งในแต่ละขั้นตอน โดยยึดแนวทางความสัมพันธ์ระหว่างฝ่ายงานที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น การจัดสายการประกอบสุดท้าย (Final assembly) ให้อยู่ใกล้กับคลังสินค้า เพื่อลดเวลาในการขนส่ง

2. ศึกษาเส้นทางในการขนส่ง เพื่อลดระยะทางและความถี่ในการขนส่ง

3. คิดหาแนวทางปรับปรุงสำหรับการขนถ่ายเพื่อลดปริมาณในการขนถ่ายให้น้อยลง เช่น การจัดหาอุปกรณ์ในการขนย้ายที่มีความยืดหยุ่นสูง

4. ใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม

5. ลดการขนส่งซ้ำซ้อน

6. ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม

7. ลดปริมาณชิ้นงานในการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถส่งงานไปให้

ขั้นตอนต่อไปได้เร็วขึ้นไม่ต้องเสียเวลารอนาน

8. การจัดทำกิจกรรม 5ส

2.1.4 ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion)

ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มตัวยกของหนักที่วางอยู่บนพื้น ฯลฯ ทำให้เกิดความล้าต่อร่างกายและทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานอีกด้วย

2.1.4.1 ปัญหาจากการเคลื่อนไหว

1. เกิดระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิต
2. การจัดวางอุปกรณ์ และวางผังโรงงานไม่เหมาะสม
3. ขาดการทำกิจกรรม 5ส และการควบคุมด้วยสายตา (Visual Control)
4. ขาดมาตรฐานในการทำงาน
5. เกิดความล้าและความเครียด
6. เกิดอุบัติเหตุ
7. เสียเวลาและแรงงานในการทำงานที่ไม่จำเป็น

2.1.4.2 การปรับปรุง

1. ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion Study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic) เท่าที่จะทำได้
2. จัดสภาพการทำงาน (Working condition) ให้เหมาะสม
3. ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน
4. ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, Fixtures) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น
5. ออกกำลังกาย
6. ปรับลำดับขั้นตอนการทำงาน เพื่อเป็นมาตรฐาน
7. จัดวางผังกระบวนการให้เหมาะสม เพื่อลดการเดิน (Minimize Walking)

2.1.5 ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing)

เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการทำงานซ้ำ ๆ กันในหลายขั้นตอน ซึ่งไม่มีความจำเป็นเพราะงานเหล่านั้นไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นหรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรที่จะรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงาน หรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

2.1.5.1 ปัญหาจากกระบวนการผลิต

1. เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นของการทำงาน
2. เกิดจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ของสายการผลิต
3. ขาดความชัดเจนในข้อกำหนดของลูกค้า

4. นโยบาย และขั้นตอนการดำเนินงานขาดประสิทธิภาพ

5. การใช้เครื่องมือในการทำงานไม่เหมาะสม (Improper Tools)

6. มาตรฐานในการทำงานไม่เพียงพอ (Insufficient Standard) ทำให้พนักงานทำงานอย่างไม่เป็นระบบและอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้

7. เกิดการทำงานซ้ำซ้อน

8. ใช้วัสดุผิดประเภท (Incorrect Materials)

9. การตรวจสอบมากเกินความจำเป็น (Excessive Checking)

10. การจัดลำดับงานที่ไม่เหมาะสม

11. เสียเวลากับการเตรียมและการผลิตที่ไม่จำเป็น

12. มีงานระหว่างทำในสายการผลิตมาก

13. สูญเสียพื้นที่การทำงานสำหรับกระบวนการนั้นๆ

14. ใช้เครื่องจักรและแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์

2.1.5.2 การปรับปรุง

1. วิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ Operation Process Chart เพื่อทราบขั้นตอนทั้งหมดในการทำงาน จากนั้นจึงเลือกขั้นตอนที่ไม่เหมาะสมเพื่อนำมาปรับปรุง

2. ใช้หลักการ 5 W 1 H เพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการผลิต

3. หากระบวนการทดแทนที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ของงานอย่างเดียวกัน

4. ใช้หลัก ECRS เพื่อปรับปรุงการทำงาน

5. ใช้หลักการวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ (Design stage) เพื่อลดความซับซ้อนของชิ้นส่วน

6. หาแนวทางขจัดความสูญเปล่าด้วยการนำหลักการวิศวกรรมอุตสาหการ (IE Techniques) เพื่อปรับลดกระบวนที่ไม่จำเป็นออก

2.1.6 ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay)

การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักร หรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิตเช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

2.1.6.1 ปัญหาจากการรอคอย

1. ต้นทุนที่สูญเปล่าของแรงงาน เครื่องจักร และค่าโสหุ้ย ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม

2. เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

3. ทำให้เกิดความล่าช้าในการผลิตและส่งผลต่อปัญหาการส่งมอบ

4. เกิดปัญหาเรื่องขวัญและกำลังใจ

5. เสียเวลาในการรอคอย

6. วิธีการทำงานของแต่ละกระบวนการที่ไม่สอดคล้องกัน

7. ใช้เวลาในการตั้งเครื่องจักรนาน

8. ประสิทธิภาพของเครื่องจักรต่ำ

2.1.6.2 การปรับปรุง

1. ปรับการไหลของงาน (Synchronize Workflow) ให้สอดคล้องกับกระบวนการเพื่อลดปัญหาในการรอคอย

2. จัดวางแผนการผลิต วัตถุดิบและลำดับการผลิตให้ดี

3. บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา โดยจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) เพื่อลดปัญหาการขัดข้องของเครื่องจักร ซึ่งเป็นสาเหตุของการรอคอย

4. จัดสรรปริมาณแรงงาน เครื่องจักร และงานให้มีความสมดุลในสายการผลิต (Line balancing)

5. วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และจัดสรรกำลังคนให้เหมาะสม

6. เตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง

7. ใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

8. ศึกษาและพยายามปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีขึ้นเพื่อลดเวลารอคอย

9. ฝึกให้พนักงานมีทักษะในการทำงานหลากหลาย เพื่อให้สามารถทำงานอื่นทดแทนในช่วงที่ว่าง

2.1.7 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect)

เมื่อของเสียถูกผลิตออกมา ของเสียเหล่านั้นอาจถูกนำไปแก้ไขใหม่ ให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการ หรือถูกนำไปกำจัดทิ้ง ดังนั้นจึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียขึ้น

2.1.7.1 ปัญหาจากการผลิตของเสีย

1. ต้นทุนวัตถุดิบ เครื่องจักร แรงงาน สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์

2. สิ้นเปลืองสถานที่ในการจัดเก็บและกำจัดของเสีย

3. เสียเวลาและแรงงานในการแก้ไขของเสีย

4. ผลิตสินค้าไม่ทันตามกำหนด

5. สัมพันธภาพระหว่างแผนกไม่ดี

6. เกิดการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงาน

7. เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

8. วิธีการผลิตที่ไม่เหมาะสม

9. การออกแบบการผลิตไม่ถูกต้อง

10. วัตถุดิบไม่ได้คุณภาพ

11. เกิดความเสียหายระหว่างการขนย้าย

2.1.7.2 การปรับปรุง

1. สร้างระบบการปรับปรุงคุณภาพโดยการป้องกัน (Quality Improvement by Prevention) ซึ่งมีวิธีการคือ 1) ค้นหาของเสียก่อนถึงมือลูกค้า 2) แจกแจงความถี่ลักษณะของเสีย 3) หาสาเหตุของเสียแต่ละลักษณะ 4) กำจัดสาเหตุ

2. สร้างมาตรฐานของการปฏิบัติงานและมาตรฐานของวัตถุดิบที่ถูกต้อง

3. พนักงานต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามมาตรฐานตั้งแต่แรก

4. อบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจ และสามารถปฏิบัติได้ถูกต้องตามมาตรฐาน

5. พยายามปรับปรุงอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันการทำงานที่ผิดพลาด (Poka-Yoke)

6. ฝึกให้พนักงานมีจิตสำนึกทางด้านคุณภาพ

7. ตั้งเป้าหมายของเสียเป็นศูนย์

8. ให้มีการตอบสนองข้อมูลทางด้านคุณภาพอย่างรวดเร็วในทุกขั้นตอนการผลิต (Quick response system)

9. พัฒนาวิธีการทำงาน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดของเสียซ้ำ

10. บำรุงรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพดีเสมอ และพร้อมต่อการใช้งาน

2.2 เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC TOOLS)

สุธิษา มะรังษี (2558) จากการศึกษางานวิจัยการลดของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกบุด้านในประตูรถยนต์ ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือคุณภาพทั้ง 7 มาเป็นตัวช่วยประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูล หาสาเหตุ โดยการออกแบบแผ่นตรวจสอบการผลิต ระบุสาเหตุอย่างชัดเจน กำหนดปัญหาให้หลากหลายเพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่แท้จริง ใช้แผนผังเหตุและผลมาช่วยวิเคราะห์ใช้แผนผังพาเรโตสำหรับตรวจสอบปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่ามีปัญหาใดสำคัญที่สุด จากนั้นนำปัญหาเหล่านั้นมาจัดหมวดหมู่หาวิธีแก้ไขได้สำเร็จทำให้ลดของเสียลงได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตดีขึ้น มีร้อยละของของเสียน้อยลงและสามารถลดต้นทุนให้กับบริษัทได้

7 Qc Tools หรือเครื่องคุมคุณภาพ 7 อย่าง ในสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันการควบคุมคุณภาพการผลิตเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมในปัจจุบัน นอกจากการแข่งขันทางด้านราคา คุณภาพของสินค้าก็ถือเป็นอีกปัจจัยที่มีความสำคัญนอกจากจะเป็นการแสดงถึงมาตรฐาน และการประกันคุณภาพของสินค้าแล้ว ยังเป็นกลยุทธ์ในการลดต้นทุนกระบวนการผลิตที่มีความสำคัญ ซึ่งเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพที่เรียกว่า Seven QC Tools ซึ่งมีด้วยกันทั้งหมด 7 เครื่องมือ สามารถแจกแจงได้ดังนี้

2.2.1 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) คือแผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง (Effect) กับสาเหตุ (Causes) ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้น ๆ ปัญหาเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากสาเหตุต่าง ๆ อาจมีหลายสาเหตุ จึงต้องมีการแจกแจงสาเหตุต่าง ๆ ออกมาให้ชัดเจนทั้งนี้เพื่อการศึกษา วิเคราะห์ ทำความเข้าใจและการหาแนวทางแก้ปัญหาให้ตรงประเด็น แผนผังแสดงเหตุและผลเรียกอีกชื่อว่า ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนผังอิชิกาวา (Ishigawa Diagram)

หากกล่าวถึงในส่วนของกระบวนการผลิต โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1Eเป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่าง ๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

2.2.1.1 Man หมายถึง การตรวจสอบผู้ปฏิบัติทำงานตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ มีความรับผิดชอบหรือไม่ ผู้ปฏิบัติมีทักษะความชำนาญหรือไม่ผู้ปฏิบัติได้รับมอบงานที่ตรงกับความสามารถหรือไม่

2.2.1.2 Machine หมายถึง การตรวจสอบอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสอดคล้องกับความสามารถของขบวนการผลิตหรือไม่เครื่องจักรขัดข้องบ่อยหรือไม่ การจัดวางเหมาะสมหรือไม่ เครื่องจักรอยู่ในสภาพการใช้งานหรือไม่

2.2.1.3 Material หมายถึง การตรวจสอบ6ข้อผิดพลาดในเรื่องคุณภาพการตรวจสอบระบบคงคลังเพียงพอหรือไม่

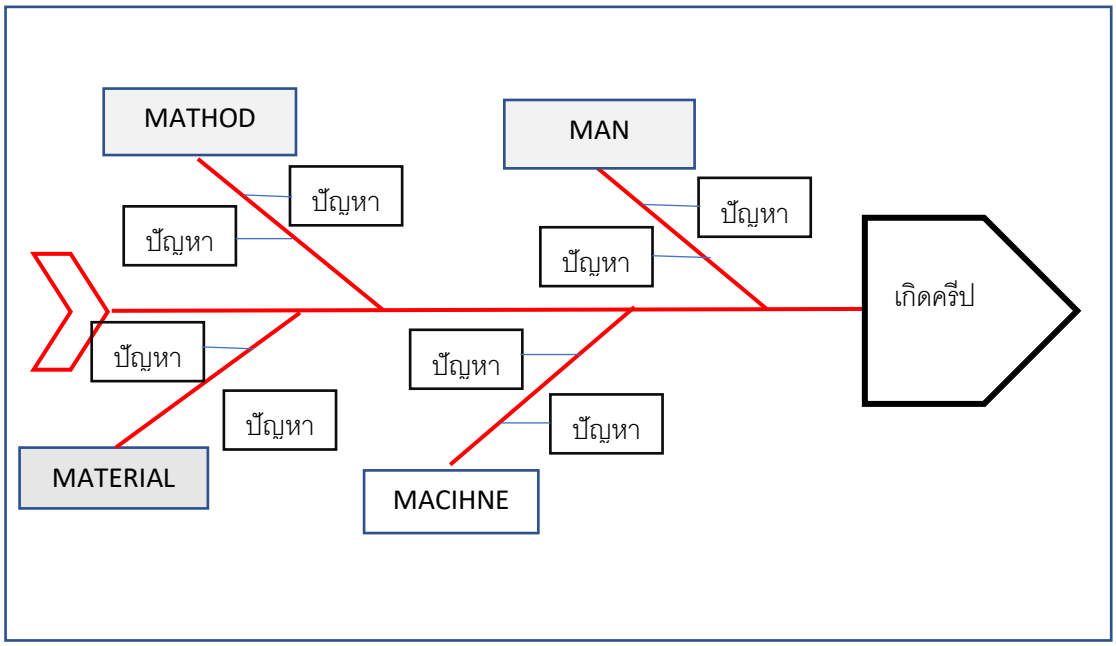
2.2.1.4 Method หมายถึง การตรวจสอบว่ามาตรฐานในการทำงานมีเพียงพอหรือไม่ มีวิธีที่ปลอดภัยหรือไม่ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพหรือไม่ลำดับขั้นตอนการทำงานเหมาะสมหรือไม่

2.2.1.5 E - Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน ความปลอดภัยในการทำงาน

ประโยชน์ของแผนผังสาเหตุและผล

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดจากสมองของทุกคนที่เป็นสมาชิกกลุ่มคุณภาพอย่างเป็นหมวดหมู่ ซึ่งได้ผลมากที่สุด

2. แสดงให้เห็นสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหา ของผลที่เกิดขึ้นที่มีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปมสำคัญที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างแผงผังเหตุและผล
ที่มา: ลลัลดา ชมโฉม (2559)

2.2.2 แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)แผนภูมิแจงนับ (Tally Chart) หรือ ใบตรวจสอบ (Check Sheet) คือ ตารางแผนผัง หรือ รายการที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้าเพื่อความสะดวกในการบันทึกข้อมูลหรือตัวเลขแต่เพื่อความสะดวก มักจะออกแบบเพื่อให้สามารถใช้การ “ขีด” (/) ลงในใบตรวจสอบ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตที่มีต่อปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมกระบวนการและการแก้ไขปัญหา ใบตรวจสอบที่สร้างขึ้น
วัตถุประสงค์ของการออกแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล

2.2.2.1 เพื่อควบคุมและติดตาม (Monitoring) ผลการดำเนินการผลิต

2.2.2.2 เพื่อการตรวจสอบ

2.2.2.3 เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความไม่สอดคล้อง

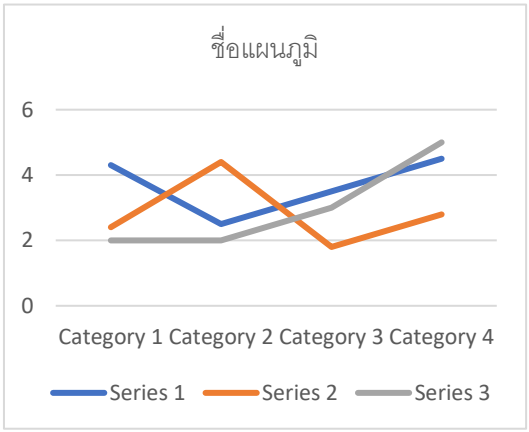
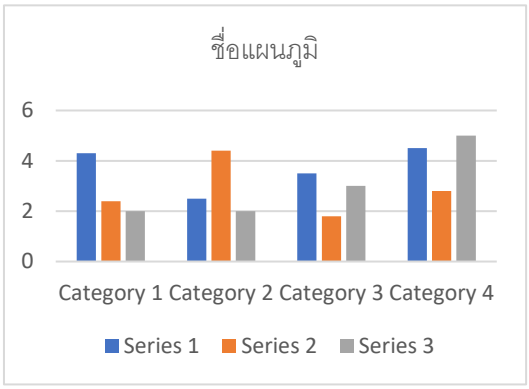
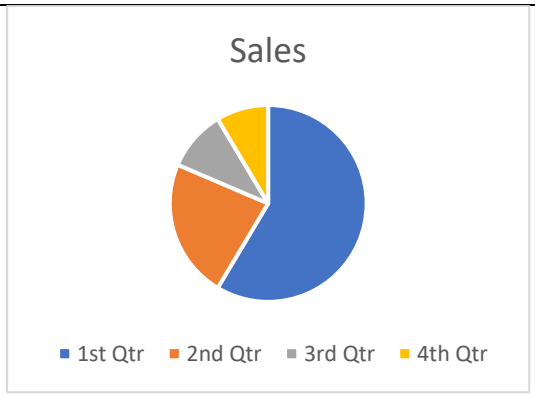
ตารางที่ 2.1 ประเภทของแผ่นตรวจสอบ

ลักษณะของแผ่นตรวจสอบ	วัตุประสงค์	การนำไปใช้
1. กระดาษเปล่า	ข้อมูลทั่วไป	ใช้บันทึกเท่านั้น ไม่นำไปวิเคราะห์ต่อ
2. ตารางสแดลงความถี่	นับจำนวนตำหนิ	ใช้จำแนกข้อมูลเพื่อนำไปทำแผนผังกราฟ
3. ตารางกรอกตัวเลข	นับจำนวนของเสีย/จำนวนคน/ขอมูลจากการวัด/การทดสอบ	ใช้เขียนผัวการกระจายข้อมูลฮิสโตรแกรม หรือแผนภูมิกราฟ
4. ตารางการทำเครื่องหมาย	ทำเครื่องหมายแทนการเขียน	ใช้จำแนกข้อมูล ทำผังพาเรโตหรือกราฟ
5. ตารางแบบสอบถาม	สอบถามข้อคิดเห็น	หาความถี่
6. ตารางแบบอื่น ๆ	การตรวจสอบเฉพาะเรื่อง	ใช้ตามวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่อง เช่น แบบสอบถามสำหรับเลือกเมนูอาหาร

ที่มา : ทองพันชั่ง พงษ์วารินท์ 2558

2.2.3 กราฟ (Graph) คือแผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถทำให้ง่ายต่อการ ทำความเข้าใจโดยอาศัยการพิจารณาด้วยตาเปล่าได้ใช้แสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลขหรือสัดส่วนแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนแปลงไปตามลำดับเวลาของข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป เพื่อใช้ เสนอสถานภาพของปัญหาและนำเสนอผลการปรับปรุงโดยการเปรียบเทียบปริมาณข้อมูลให้เห็นได้ง่ายและรวดเร็ว กราฟมีหลายชนิด ซึ่งได้สรุปกราฟตามจุดประสงค์ในการใช้งาน

ตาราง 2.2 ตารางอธิบายกราฟ

ชื่อกราฟ	ลักษณะ	จุดประสงค์
กราฟเส้นตรง		อธิบายความผันแปรของข้อมูลเชิงตัวเลข โดยมีสาเหตุสำคัญอยู่ที่แกนX จะเรียกกราฟนี้ว่ากราฟแนวโน้ม
กราฟแท่ง		แสดงถึงการเปรียบเทียบข้อมูลตามแกนX
กราฟวงกลม		แสดงถึงการเปรียบเทียบสัดส่วนของข้อมูลแต่ละประเภท(แต่ละสัดส่วน)

ที่มา: อเสธ ขันธวิชัย (2558)

2.2.4 ผังพาเรโต (Pareto Diagram) ผังพาเรโต (Pareto Diagram) คือ แผนภูมิที่ใช้สำหรับตรวจสอบปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในองค์การ ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญที่สุดโดยการเรียงลำดับ จากนั้นนำปัญหาหรือสาเหตุเหล่านั้นมาจัดหมวดหมู่หรือแบ่งแยกประเภทแล้วเรียงลำดับความสำคัญจากน้อยไปหามากเพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละปัญหามีอัตราส่วนเท่าใดเมื่อเทียบกับปัญหาทั้งหมด

-โดยการแสดงด้วยกราฟ แท่งกราฟแท่งที่สูงที่สุด คือ ปัญหาที่เกิดร่วมกันมากที่สุด (Most Common Problem) จำเป็นที่องค์การต้องสนใจแก้ไข

เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังพาเรโต

2.2.4.1 เมื่อต้องการกำหนดสาเหตุที่สำคัญ (Critical Factor) ของปัญหาเพื่อแยกออกมาจากสาเหตุอื่น ๆ

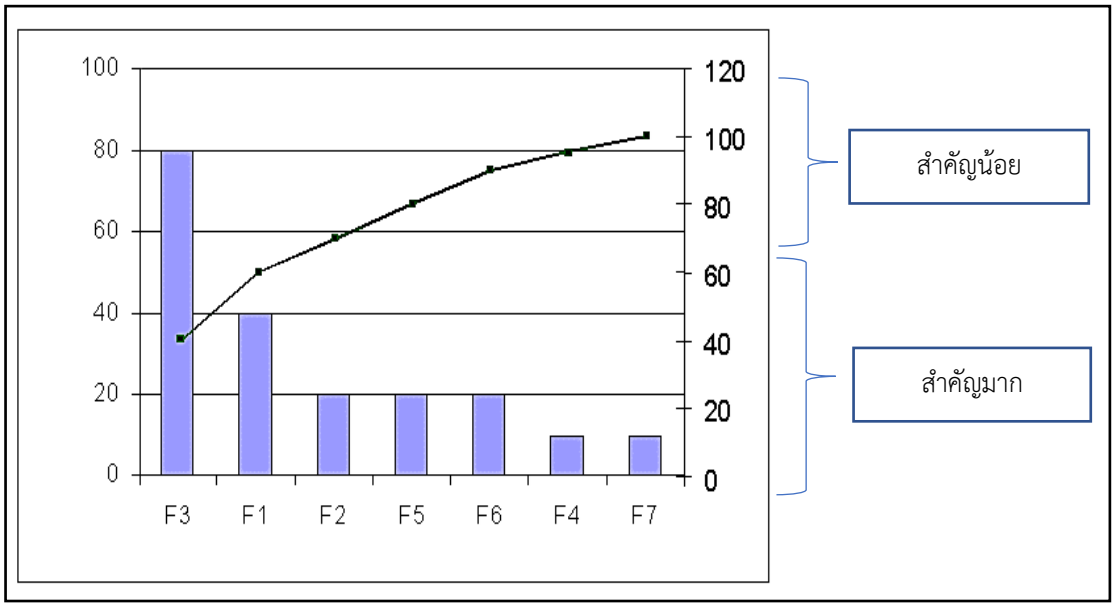
2.2.4.2 เมื่อต้องการยืนยันผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหา โดยเปรียบเทียบ “ก่อนทำ”กับ “หลังทำ”

2.2.4.3 เมื่อต้องการค้นหาปัญหาและหาคำตอบในการดำเนินกิจกรรมแก้ปัญหา ประโยชน์ของแผนผังพาเรโต

2.2.4.4 สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด

2.2.4.5 สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด

2.2.4.7 ไม่ต้องใช้การคำนวณที่ยุ่งยาก ก็สามารถจัดทำได้และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้

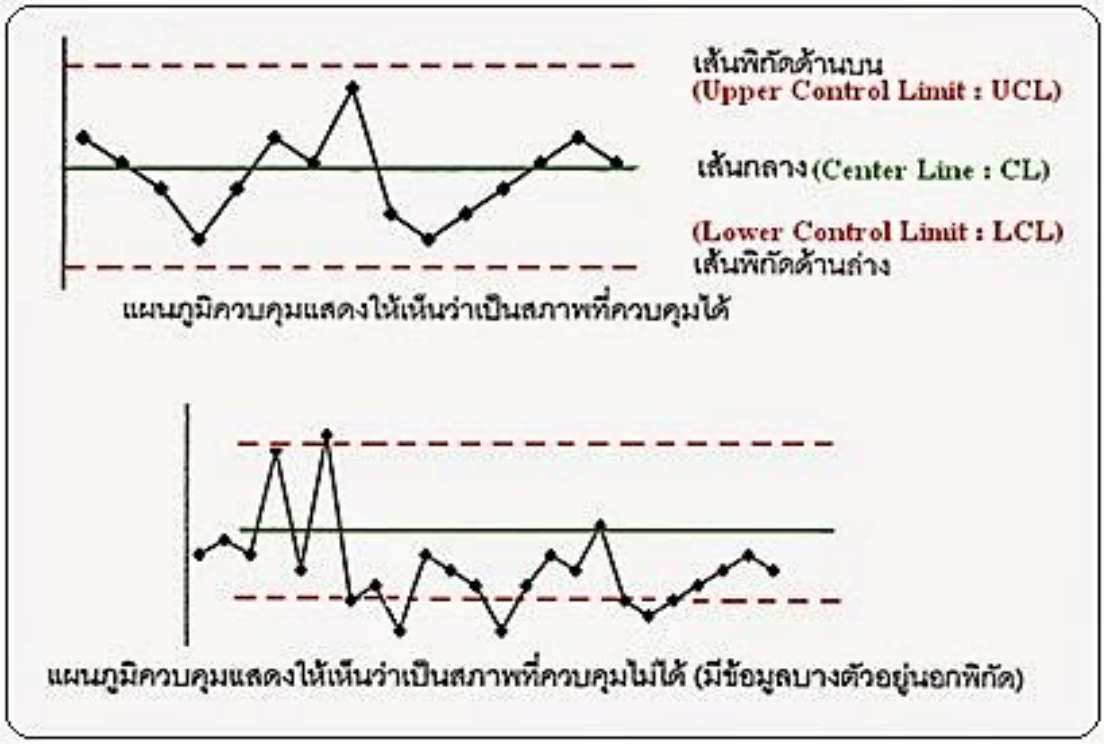


ภาพที่ 2.2 แผนภาพพาเรโต

ที่มา : วสวัตติ์ บุญปรีชา (2553)

2.2.5 แผนภูมิการควบคุม (Control Chart) คือ แผนภูมิที่เขียนขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางด้านเทคนิคที่ระบุถึงคุณสมบัติหรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตแผนภูมิการควบคุมเป็นกราฟเส้น (Line Graph) ที่ใช้เพื่อติดตามดูแนวโน้มหรือผลการปฏิบัติงานโดยใช้ข้อมูลจากการติดตามงานสร้างขอบเขตการควบคุม (Control Limits) ขอบเขตการควบคุมจะมีช่วง(Range) ที่ให้การปฏิบัติดำเนินการได้ ประกอบด้วยขอบเขตการควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) และขอบเขตการควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL) การควบคุมจะคุมไม่ให้การปฏิบัติงานในแต่ละระยะเวลาออกนอกขอบเขต

ลักษณะที่สำคัญของแผนภูมิควบคุมมีลักษณะคล้าย "กราฟเส้น" แต่เนื่องจากมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเฝ้าติดตามดูความผันแปรของค่าของข้อมูล จึงมีองค์ประกอบเพิ่มเติม ได้แก่ เส้นพิกัดด้านบน (Upper Control Limit : UCL) เส้นพิกัดด้านล่าง (Lower Control Limit : LCL) เส้นกลาง (Center Line : CL)
แสดงดังรูปที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม
ที่มา: วสวัตติ์ บุญปรีชา (2553)

2.2.6 ฮิสโตแกรม (Histogram) ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ กราฟแท่งชนิดหนึ่งซึ่งแสดงถึงการกระจายความถี่ของข้อมูล (แสดงข้อมูลเป็นหมวดหมู่) ที่เก็บรวบรวมเรื่องใดเรื่องหนึ่งการจัดการคุณภาพ แสดงความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ตามตัวแปรตัวหนึ่งใช้เปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้มีแนวโน้มสู่ศูนย์กลางที่เป็นค่าสูงสุดแล้วกระจายลดหลั่นลงตามลำดับ

ประโยชน์ของฮิสโตแกรม

2.2.6.1 เพื่อศึกษาว่าข้อมูลชุดหนึ่ง มีการกระจายตัวมากหรือน้อยเพียงไร อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ (ตามสเปก) มากหรือน้อยเพียงไร

2.2.6.2 ใช้ในการคำนวณหาค่าทางสถิติของข้อมูลชุดนั้น อาทิ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.2.6.3 จากค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ (ตามสเปค) และ ค่าทางสถิติที่คำนวณได้ ทำให้สามารถระบุค่า "ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index : Cp)" ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการ "เปรียบเทียบสมรรถนะ (Benchmarking)" และ การปรับปรุงกระบวนการต่อไป

2.2.6.4 ใช้ตรวจสอบประสิทธิผลของการปรับปรุง

เมื่อไรจึงจะใช้แผนภาพฮิสโตแกรม

1. เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติ โดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน
2. เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุด-ต่ำสุด
3. เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process Capability)
4. เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root Cause)
5. เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว
6. เมื่อข้อมูลมีจำนวนมาก ๆ

2.2.7 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือ แผนผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการผลิต ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรในสถิติ ข้อมูลที่เกิดจะเป็นจุดของการกระจายตัวของข้อมูล 2 ชุด ซึ่งอาจกระจายในลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันหรือไม่สัมพันธ์กันก็ได้ ความสัมพันธ์ยังอาจมีทิศทางและระดับที่แตกต่างกันออกไปก็ได้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด

ประโยชน์ของแผนผังการกระจาย

2.2.7.1 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 ชุดหรือตัวแปร 2 ตัว

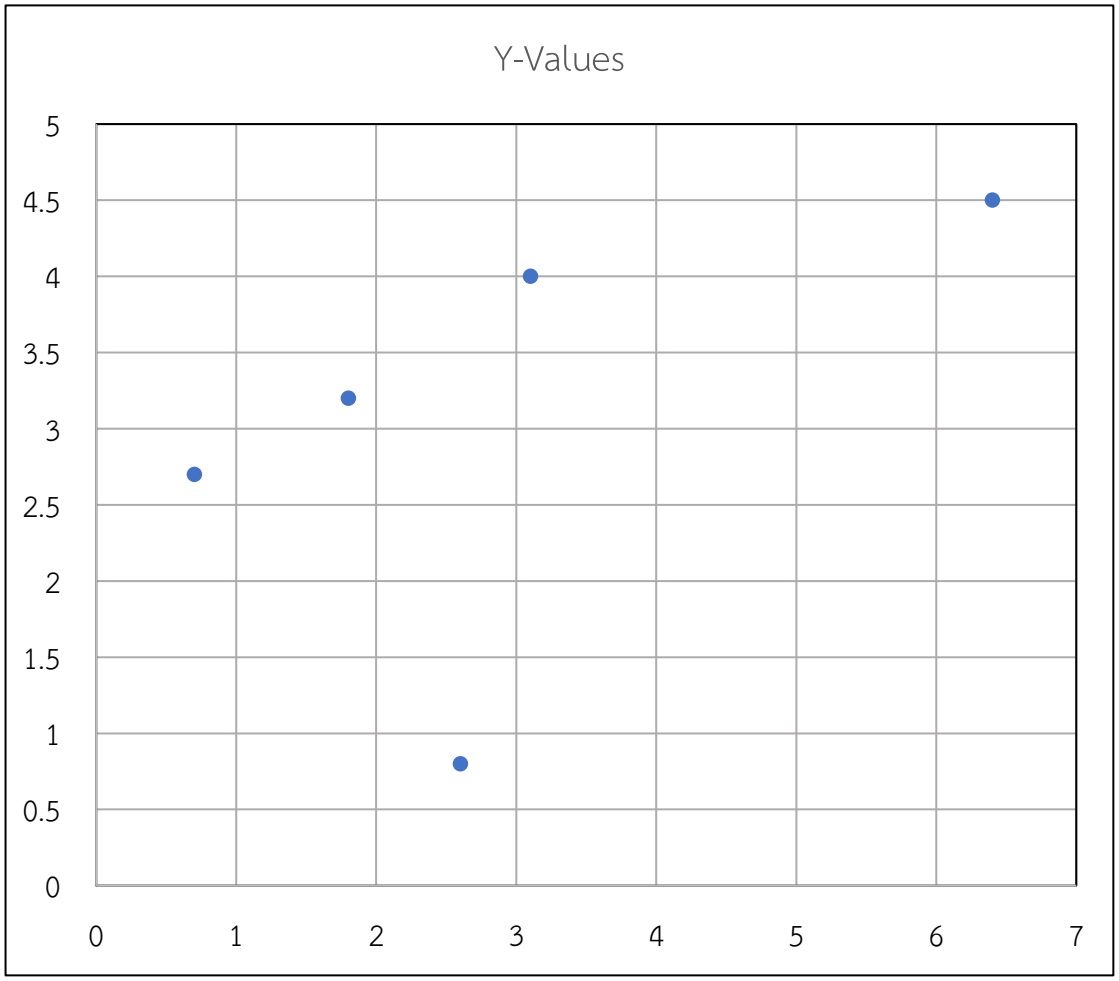
2.2.7.2 เพื่อตรวจสอบว่า ผลของการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่ง มีผลต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งหรือไม่และจะเปลี่ยนแปรไปในทิศทางใด (เพิ่มขึ้นตามกันหรือตัวหนึ่งเพิ่มอีกตัวหนึ่งลด

2.2.7.3 เมื่อต้องการจะบ่งชี้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา

2.2.7.4 เมื่อต้องการจะตัดสินใจ ว่าผลกระทบ 2 ตัวซึ่งมีความสัมพันธ์กันอยู่ มีปัญหาที่เกิดจากสาเหตุเดียวกันหรือไม่

2.2.7.5 เมื่อต้องการอธิบายความสัมพันธ์ก้างปลา (X) ที่ได้จากการระดมสมองว่ามีผลกระทบต่อหัวปลา (Y) หรือไม่ เช่น อัตราการขาดงานของคนงาน เป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่บกพร่องมีจำนวนมากขึ้น

2.2.7.6 เมื่อต้องการใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปร 2 ตัว ที่เราสนใจศึกษาว่าจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักหรือไม่



ภาพที่ 2.4 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย

ที่มา: วสวัตติ์ บุญปรีชา (2553)

2.3. กระบวนการฉีดพลาสติก

2.3.1 องค์ประกอบในการฉีดพลาสติก

องค์ประกอบหรือส่วนประกอบที่สำคัญในกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อให้ได้คุณภาพของชิ้นงานฉีดที่ดี อัตราการผลิตที่สูง และมีจำนวนของเสียน้อย องค์ประกอบที่สำคัญควรมีอยู่ 6 ส่วน(6M) ด้วยกัน คือ 1. Material(วัตถุดิบพลาสติก) 2. Mold (แม่พิมพ์ฉีด) 3. Machine (เครื่องฉีด) 4. Method (วิธีการหรือพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งการฉีด) 5. Man (ช่างฉีดหรือบุคลากร) 6. Management(การจัดการในการฉีด) และรายละเอียดของแต่ละ M เป็นดังนี้

2.3.1.1 วัตถุดิบพลาสติก (Material) มีการเลือกชนิดและเกรดของพลาสติกได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ มีการเตรียมวัตถุดิบพลาสติกได้เหมาะสมหรือไม่ เช่น ต้องทำการอบไล่ความชื้นออกจากเม็ดพลาสติกหรือไม่ ถ้ามีต้องใช้เวลาและอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้นอย่างไร สีที่ใช้สารเติมแต่งต่าง ๆ จำเป็นต้องมีหรือไม่ การผสมเม็ดพลาสติกกับสีและสารเติมแต่งควรทำอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด ไม่ควรมองที่ราคาของวัตถุดิบเป็นหลัก แต่ควรมองว่าจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่ประกอบด้วยอะไรบ้าง จึงจะเหมาะสมกับคุณภาพชิ้นงานฉีดที่ต้องการสามารถผลิตชิ้นงานได้ปริมาณมาก ๆ โดยมีผลกระทบต่อการเกิดของเสียน้อยที่สุด และใช้พลังงานในการผลิตขั้นตอนต่างๆ น้อยที่สุด

2.3.1.2 แม่พิมพ์ฉีด (Mold) มีการออกแบบอย่างเหมาะสมดีแล้วหรือยัง เช่น ลักษณะของแม่พิมพ์ต้องเป็นแบบ 2 แผ่น 3 แผ่น หรืออื่น ๆ จำนวนของคาวิตี้ (Cavity) ระบบการหล่อเย็นภายในแม่พิมพ์ ระบบคลายและปลดชิ้นงาน ตำแหน่งรอยประกบแม่พิมพ์ ขนาดของทางน้ำพลาสติกวิ่ง (Runner) และทางน้ำพลาสติกเข้า (Gate) ตำแหน่งของทางน้ำพลาสติกเข้า การระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์ การเลือกใช้วัสดุโลหะที่ถูกต้องในการทำแม่พิมพ์รวมถึงกระบวนการทางความร้อน (การชุบแข็ง) ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของแม่พิมพ์ด้วย

2.3.1.3 เครื่องฉีด (Machine) มีการเลือกขนาดของเครื่องฉีดได้ถูกต้องหรือไม่ เช่น ขนาดของแรงปิดแม่พิมพ์เพียงพอหรือไม่ ปริมาณเนื้อพลาสติกและแรงดันฉีดของเครื่องฉีดต้องเพียงพอต่อขนาดของชิ้นงานที่จะทำการฉีด ความเร็วในการทำงานของเครื่องฉีดสามารถทำ CycleTime ได้ตามที่ต้องการ ความดันฉีด ความเร็วฉีดและความดันย้ำซึ่งมีอยู่หลายจังหวะให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานที่ทำการฉีด เครื่องฉีดมีประสิทธิภาพดีและมีความสม่ำเสมอในระหว่างการทำงาน อายุการใช้งานเหมาะสม ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมไม่แพงและทำได้ง่าย มีบริการหลังการขายดี สุดท้ายคือราคาเครื่องฉีดต้องเหมาะสมกับมูลค่าการผลิตสินค้านั้น ๆ

2.3.1.4 วิธีการหรือพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งการฉีด (Method) จะเป็นการรวม 3M คือ Material (วัตถุดิบพลาสติก), Mold (แม่พิมพ์ฉีด), Machine (เครื่องฉีด) มาใช้ประโยชน์ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการสั่งการและควบคุมเครื่องฉีดให้ทำหน้าที่ดูแลจัดการกับวัสดุพลาสติกอย่างถูกต้องและเหมาะสมในการหลอมเหลว การไหลเข้าแม่พิมพ์ และการเย็นตัวในแม่พิมพ์ ตลอดจนดูแลจัดการให้แม่พิมพ์พร้อมที่จะรับพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ ให้พักตัวอยู่ในแม่พิมพ์และปล่อยออกจากแม่พิมพ์เมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม (เมื่อพลาสติกเซตตัวและเย็นตัวลงแล้ว) ซึ่งการสั่งการ การควบคุมการดูแลจัดการต่าง ๆ นี้จะต้องมีความเหมาะสมกันมากที่สุด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพดีที่สุด

2.3.1.5 ช่างฉีดหรือบุคลากร (Man) ผู้ที่จะปรับตั้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการฉีดได้เป็นอย่างดีนั้นจะต้องมีความรอบรู้เกี่ยวกับวัสดุพลาสติก แม่พิมพ์ และเครื่องฉีดที่จะใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกเป็นอย่างดีเสียก่อนโดยเริ่มตั้งแต่ชนิดของพลาสติก อุณหภูมิพลาสติกเหลว ความหนาแน่น ความดันที่ต้องใช้คุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติกเหลว ลักษณะของทางน้ำพลาสติกวิ่ง (Runner) และทางน้ำพลาสติกเข้า (Gate) ระยะและขนาดของช่องทางการไหล ระบบการหล่อเย็นการปลดชิ้นงาน ฟังก์ชันและปุ่มควบคุมการทำงานของเครื่องฉีด ตลอดจนประสิทธิภาพของเครื่องฉีด เช่น ตั้งความดันของเครื่องเอาไว้ 120 บาร์ (ไฮดรอลิก) แต่เครื่องทำได้จริง 100 บาร์เป็นต้น ดังนั้นจะต้องตรวจสอบการทำงานของเครื่องฉีดก่อนเสมอ อย่าเชื่อตัวเลขที่เราป้อนหรือตั้งที่ตัวเครื่องฉีด ต้องสังเกตดูสิ่งที่เกิดขึ้นจริงกับพลาสติกในระหว่างที่เครื่องฉีดทำงานอยู่ หรืออาจกล่าวได้ว่าผู้ปรับตั้งเครื่องฉีดต้องรู้จักพารามิเตอร์ 5 ตัวหลัก ๆ ที่ต้องสั่งผ่านตัวเครื่องฉีดเพื่อควบคุมพลาสติก คืออุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว ระยะทาง และเวลา นอกจากนี้ยังต้องรู้จักลักษณะของปัญหาแบบต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์เพื่อหาต้นเหตุของปัญหาได้มีแนวทางและเลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม มีความรอบคอบ และผู้ปรับตั้งพารามิเตอร์ให้กับเครื่องฉีดจะต้องมีความสามารถด้านการคำนวณอยู่บ้างด้วย

2.3.1.6 การจัดการในการฉีด (Management) หมายถึง การวางแผนการผลิตอย่างเหมาะสม เช่นการวางแผนในการฉีดตามลำดับของชนิดของพลาสติก ลักษณะและความเข้มของสี รูปร่างและขนาดของชิ้นงาน ลักษณะและขนาดของแม่พิมพ์ การสั่งซื้อ ความสำคัญของลูกค้าเป็นต้น เนื่องจากการวางแผนในการฉีดจะมีผลต่อการสูญเสียเป็นสำคัญ เพราะถ้าการวางแผนในการฉีดไม่เหมาะสม เช่น การฉีดชิ้นงานที่มีสีเข้มก่อนแล้วตามด้วยการฉีดชิ้นงานที่มีสีอ่อนหรือสีใสย่อมเกิดการสูญเสียทั้งเวลาและวัสดุพลาสติกเป็นจำนวนมาก ตลอดจนอาจจะก่อให้เกิดปัญหาสีของชิ้นงานผิดเพี้ยนไม่ตรงกับความต้องการ โดยจะมีสีเดิมซึ่งเข้มกว่าและล้างทำความสะอาดออกได้ยากติดออกมาอยู่เรื่อย ๆ

2.3.2 ขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติก

การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกจะมีการทำงานอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ แบบไม่เป็นอัตโนมัติ(Manual) ซึ่งจะสั่งให้เครื่องทำงานในขั้นตอนใดก่อนหลังก็ได้ตามที่ต้องการแบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic) ซึ่งการทำงานจะเป็นไปตามขั้นตอนของเครื่องฉีดเพียงวงรอบการทำงานเดียวเท่านั้นแล้วหยุด และแบบอัตโนมัติทั้งหมด (Fully-Automatic) จะมีการทำงานเป็นไปตามขั้นตอนของเครื่องฉีด โดยเมื่อครบวงรอบการทำงานของเครื่องฉีดแล้ว ก็จะเริ่มวงรอบการทำงานใหม่ทันที และทำต่อไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติทั้งหมดจะมีขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติกประกอบไปด้วย 9 ขั้นตอน คือ

2.3.2.1 ขั้นตอนแม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิด โดยจะมีพารามิเตอร์คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว และระยะทางในการเคลื่อนที่ปิดเข้าหากันของแม่พิมพ์ ซึ่งส่วนมากจะแบ่งออกได้เป็น 5 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงแรกเป็นช่วงที่แม่พิมพ์ด้านที่เคลื่อนที่เริ่มเคลื่อนที่เข้าไปหาแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่ โดยใช้ความเร็วที่ช้าเป็นระยะทางสั้น ๆ ช่วงที่สองเป็นช่วงแม่พิมพ์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นเป็นระยะทางยาว ๆ ช่วงที่สามเป็นช่วงที่แม่พิมพ์กำลังลดความเร็วลงในระยะทางที่เหลือไม่มากนักช่วงที่สี่เป็นช่วงป้องกันแม่พิมพ์เกิดความเสียหายก่อนที่แม่พิมพ์จะปิดสนิท และช่วงที่ห้าเป็นช่วงที่

แม่พิมพ์ปิดสนิทหรือเรียกว่า ช่วงปิดล็อกแม่พิมพ์ ด้วยความดันหรือแรงที่สูงมาก

2.3.2.2 ขั้นตอนชุดฉีดหรือหัวฉีดเคลื่อนที่เข้าชนและแนบกับแม่พิมพ์ โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน(แรง) และความเร็ว

2.3.2.3 ขั้นตอนสกรูเคลื่อนที่ตามแนวแกนโดยไม่มีการหมุน เพื่อขับดันพลาสติกเหลวที่อยู่ในกระบอกฉีดให้ไหลออกจากหัวฉีดเข้าไปให้เต็มแม่พิมพ์ซึ่งเรียกว่า จังหวะฉีด (InjectionPhase) โดยจะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์หลัก ๆ คือ ความเร็วฉีด ความดันฉีด ระยะทางการฉีดเวลาในการฉีด แต่ผู้ผลิตเครื่องฉีดพลาสติกบางบริษัทได้ออกแบบให้สกรูสามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกนพร้อมกับหมุนไปได้ด้วย เพื่อป้อนพลาสติกไปพร้อมกับการฉีด ทำให้สามารถฉีดชิ้นงานที่มีปริมาตรและน้ำหนักมากกว่าปกติได้

2.3.2.4 ขั้นตอนสกรูเคลื่อนที่ตามแนวแกนโดยไม่มีการหมุน เพื่อขับดันพลาสติกเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์เพิ่มเติมหลังจากที่พลาสติกเหลวเต็มในแม่พิมพ์แล้ว ทั้งนี้เพื่อย้ำรักษาความดันให้พลาสติกในแม่พิมพ์มีความหนาแน่นตามที่ต้องการที่เรียกว่า ช่วงการย้ำ (Holding Phase) ชิ้นงานจะได้มีขนาดที่เที่ยงตรง มีความแข็งแรง โดยจะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์หลัก ๆ คือ ความดัน เวลา และความเร็ว (สำหรับเครื่องฉีดพลาสติกบางรุ่นหรือบางยี่ห้อ)

2.3.2.5 ขั้นตอนที่สกรูเริ่มหมุนเพื่อดึงเม็ดพลาสติกในกรวยเติมเม็ดพลาสติก พร้อมทั้งป้อนไปข้างหน้าของสกรูเพื่อทำการหลอมผสมและป้อนพลาสติกเหลวไปอยู่หน้าปลายสกรูฉีด ซึ่งเรียกว่า จังหวะ Plasticizing โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว ระยะทาง โดยจังหวะการทำงานนี้จะเป็นตัวกำหนดปริมาณเนื้อพลาสติกเหลวหรือระยะถอยสกรู (ระยะตั้งเนื้อพลาสติก)
ตามที่ต้องการ เนื่องจากเวลาที่สั่งให้สกรูหมุนนั้น พลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายสกรูจะเกิดแรงดันจนทำให้สกรูถอยหลังกลับไปยังทิศทางของกรวยเติมเม็ดพลาสติกได้ และในขั้นตอนนี้จะมีการใช้แรงดันในการต้านการถอยหลังกลับของสกรูเพื่อควบคุมความหนาแน่นของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายสกรูฉีดให้มีค่าคงที่ที่เรียกว่า Back Pressure ตลอดจนมีการกระตุกสกรูให้เคลื่อนที่ตามแนวแกนเท่านั้นในช่วงก่อนเริ่มต้นหมุนสกรูหรือเมื่อสกรูหยุดหมุนแล้วที่เรียกว่า Suck Backหรือ Pull Back หรือ Decompression

2.3.2.6 ขั้นตอนการหล่อเย็นพลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์ให้เปลี่ยนจากพลาสติกเหลวเป็นของแข็ง โดยจะทำงานพร้อมกับการเริ่มหมุนสกรูเพื่อหลอมและป้อนพลาสติกเหลวไปหน้าปลายสกรูฉีดในขั้นตอนที่ 5 โดยขั้นตอนที่ 5 และ 6 นี้ จะเริ่มทำงานพร้อมกันเมื่อสิ้นสุดเวลาในการย้ำรักษาความดันแล้ว

2.3.2.7 ขั้นตอนชุดฉีดหรือหัวฉีดเคลื่อนที่ถอยออกจากแม่พิมพ์ จะทำงานเมื่อสกรูหยุดการเคลื่อนที่แล้วกล่าวคือหยุดหมุนและหยุดถอยแล้ว โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน (แรง) และความเร็ว

2.3.2.8 ขั้นตอนแม่พิมพ์เคลื่อนที่เปิดเมื่อเวลาในการหล่อเย็นจากขั้นตอนที่ 6 นั้นหมดลงแล้ว โดยจะมีพารามิเตอร์คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว และระยะทาง ความเร็วและระยะทางในการเปิดแม่พิมพ์ส่วนมากจะมีอยู่ 3 ความเร็วและ 3 ระยะทางด้วยกัน โดยความเร็วแรกเป็นช่วงที่แม่พิมพ์เริ่มเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ควรใช้ความเร็วที่ช้า ๆ และเป็นระยะทางสั้น ๆ ให้ชิ้นงานฉีด

สามารถขยับตัวเคลื่อนที่ออกจากแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่และติดออกมากับแม่พิมพ์ด้านเคลื่อนที่ได้หลังจากนั้นจึงใช้ความเร็วจังหวะที่สองให้เร็วขึ้นและเป็นระยะทางที่ยาวขึ้นด้วยความเร็วในช่วงที่สามซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายก่อนจะถึงตำแหน่งที่แม่พิมพ์เปิดมากที่สุด ควรใช้ความเร็วที่ช้าลงและระยะทางสั้นๆ เพื่อให้แม่พิมพ์สามารถหยุดได้ตรงตามตำแหน่งโดยไม่เกิดการสั่นสะเทือน ส่วนระยะในการเปิดแม่พิมพ์ก็ไม่ควรตั้งกว้างมากเกินไป แค่พอให้ชิ้นงานไม่ติดค้างอยู่ที่หน้าแม่พิมพ์หลังจากทำการกระทุ้งแล้ว หรือสามารถใช้มือหรือแขนกลจับออกมาได้ก็เพียงพอแล้ว

2.3.2.9 ขั้นตอนการกระทุ้งชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์ โดยจะมีพารามิเตอร์ของความเร็ว ความดันระยะทาง และจำนวนครั้งในการกระทุ้ง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานศึกษาที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่เป็นงานศึกษาที่มุ่งปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต โดยใช้เทคนิคด้านการศึกษาการทำงาน การวิเคราะห์หาสาเหตุ การวางแผนและการควบคุมการผลิต โดยงานศึกษาที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

ภัคจิรา พึ่งสุข และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ (2554) จากการศึกษาเรื่อง “การลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก” วัตถุประสงค์ของงานศึกษาฉบับนี้ คือลดสัดส่วนของเสียกระบวนการผลิตเครื่องซักผ้าที่มีของเสียเกิดขึ้นร้อยละ 4.29 เมื่อพิจารณาจากข้อมูลของเสียตั้งแต่เดือนกันยายน 2553 ถึงเดือนมกราคม 2554 พบว่าการฉีดพลาสติกเป็นตัวถังเครื่องซักผ้า (Tub) ก่อให้เกิดของเสีย ที่มีลักษณะเป็นฟองอากาศบริเวณผิวชิ้นงานร้อยละ 61.1 จากของเสียทั้งหมด จึงได้นำสาเหตุที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์ หาสาเหตุและพิจารณาความเป็นไปได้ โดยใช้การวิเคราะห์ทำไมทำไม(Why Why Analysis) พบว่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดของเสีย คือ ความเร็วภายในกระบอกสูบ (ประกอบด้วย 5 ช่วงความเร็วในการฉีด 1 ชิ้นงาน)และอุณหภูมิบริเวณแม่พิมพ์ (Hot Runner) จากนั้นนำปัจจัยที่เกิดขึ้นมาทำการออกแบบการทดลองเชิง แฟกทอเรียลแบบ 2k แบบ 1 ซ้ำ เพราะมีข้อจำกัดในเรื่องของวัตถุดิบ พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดฟองอากาศมีดังนี้ ปัจจัยหลัก (Main Effect) คือความเร็วในช่วงที่ 1 3 5 และอุณหภูมิบริเวณแม่พิมพ์ ปัจจัยร่วม(3-Way Interaction) คือ อิทธิพลร่วมระหว่างความเร็วช่วงที่ 1 3 และ 5 รวมทั้งอิทธิพลร่วมระหว่างความเร็ว ช่วงที่ 15 และอุณหภูมิบริเวณแม่พิมพ์ ซึ่งระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือ ความเร็วในช่วงที่ 13 5 อยู่ที่ 45 90 70 MPa ตามลำดับ และอุณหภูมิบริเวณแม่พิมพ์อยู่ที่ 280oC เมื่อทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการวิจัยโดยนำค่าระดับปัจจัยไปใช้จริงในกระบวนการผลิตเครื่องซักผ้า พบว่าสัดส่วนของเสียจากเดิมร้อยละ 2.62 ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2.02 ซึ่งสามารถลดมูลค่าการสูญเสียลงได้ 97,350 บาทต่อเดือน

สุทธิดา เอี่ยมเจริญ และ ระพี กาญจนะ (2554) จากการศึกษาเรื่อง “การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์” วัตถุประสงค์ของงานศึกษาฉบับนี้ คือ ลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Thrust washer) ด้วยเทคนิคการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control:SPC) ร่วมกับเทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) ปัจจุบันโรงงานตัวอย่างสูญเสียรายได้จากการชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Thrust washer) ที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าเป็นจำนวนหลายหมื่นบาทต่อเดือนขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มจากการรวบรวมจำนวนของเสียทั้งหมด โดยจำแนกตามชนิดของ

ลักษณะข้อบกพร่อง และนำมาคัดเลือกข้อบกพร่องที่ต้องนำมาแก้ไขด้วยแผนภูมิพาเรโต (ParetoDiagrams) ซึ่งจะพบว่าสาเหตุหลักคือปัญหาที่เกิดจากความหนาของชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ (Drawing) จากนั้นวิเคราะห์สภาพปัญหาของแต่ละกระบวนการด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดทั้งจากเครื่องมือวัดและผู้ปฏิบัติงาน จากนั้นสร้างแผนภูมิควบคุมกระบวนการ Control Chart เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง Fine GrindingProcess และทำเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการก่อนและหลังการควบคุมกระบวนการจากผลการปรับปรุงพบว่า สามารถลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Thrustwasher) จาก 62,390 ชิ้น เป็น 40,497 ชิ้นและสัดส่วนบกพร่องที่ลดลงร้อยละ 35 จากก่อนควบคุมกระบวนการที่กระบวนการทำได้และทำให้ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น 0.80 เป็น 0.83

วสวัตติ์ บุญปรีชา (2553) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตถุงพลาสติก โดยเริ่มต้นจากการสำรวจสภาพโรงงาน เพื่อศึกษาปัญหาและความสูญเสียที่เกิดขึ้นตามแนวคิดความสูญเสีย 7 ประการ หลังจากสำรวจแล้วได้ทำการคัดเลือกความสูญเสียจากมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือน เพื่อทำการปรับปรุง โดยพบว่าความสูญเสียจากการผลิตของเสีย และความสูญเสียจากการขนย้ายวัตถุดิบ ความสูญเสียทั้งสองนี้มีสัดส่วนของมูลค่าความสูญเสียต่อเดือนที่ร้อยละ 95 จึงนำความสูญเสียทั้งสองมาทำดำเนินงานปรับปรุงแก้ไขตามแนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การกำหนดปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงแก้ไข และการควบคุมสภาพหลังการปรับปรุง ในการปรับปรุงแก้ไขนี้มีการใช้เครื่องมือทางคุณภาพเช่น แผนภาพแสดงเหตุและผล และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง เพื่อช่วยในการหาสาเหตุและกำหนดปัญหาได้แม่นยำยิ่งขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยสำหรับการลดความสูญเสียจากการผลิตพบว่า สัดส่วนของเสียเฉลี่ยในกระบวนการเป่าฟิล์มลดลงจากร้อยละ 3.88 เหลือร้อยละ 2.87 ซึ่งสามารถลดมูลค่าความสูญเสียลงได้ 33,715 บาทต่อเดือน และการลดความสูญเสียจากการขนย้ายวัตถุดิบพบว่า ระยะทางการเคลื่อนที่เฉลี่ยในการขนย้ายวัตถุดิบลดลงจาก 29,000 เมตรต่อเดือนเหลือ 5,124 เมตรต่อเดือน และการรอคอยวัตถุดิบเฉลี่ยลดลงจาก 14 ครั้งต่อเดือนเหลือ 2 ครั้งต่อเดือน ซึ่งสามารถลดมูลค่าความสูญเสียจากการขนย้ายลงได้ 9,000 บาทต่อเดือน โดยการลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตที่เกิดขึ้นลดลง