การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

Waste Reduction in 3D Printing Manufacturing

นายศุภวิชญ์ อุทยะพิรุณลักษ์

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม

ใบรับรองสารนิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสยาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม (สาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย (คณะ)

เรื่อง การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
Waste Reduction in 3D Printing Manufacturing

ผู้แต่ง นายศุภวิชญ์ อุทยะพิรุณลักษ์
Mr. Supavit Utyapirunrak

ให้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาทิตย์ โสตรโยม
.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม)
อาจารย์ที่ปรึกษา

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทิงจิตร)
ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

วันที่ 22 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

โดย : นายศุภวิชญ์ อุทยะพิรุณลักษ์

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาทิตย์ โสตรโยม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียจากการผลิตชิ้นงานต้นแบบของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยบริษัทกรณีศึกษาให้บริการผลิตชิ้นงานต้นแบบแก่ลูกค้า ในการผลิตชิ้นงานต้นแบบนั้น มีของเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ทำให้ใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกในการผลิตมาก คิดเป็นร้อยละ 20.28 ของยอดขายต่อเดือน

จากการระดมสมองของผู้ที่เกี่ยวข้องในการผลิตนี้สรุปได้ว่า สาเหตุที่ทำให้สิ้นเปลืองวัตถุดิบเส้นพลาสติกมาก คือ (1) หัวฉีดตัน (2) การโก่งงอของตัวงาน และ (3) เส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์ เป็นต้น จึงได้กำหนดวิธีการปรับปรุงคือ (1) เลือกใช้เส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่มีคุณภาพ (2) ต้องมีการตั้งค่าระยะห่างระหว่างหัวฉีด - ฐานเครื่องพิมพ์ให้ได้ระยะที่กำหนด และ (3) เมื่อการผลิตดำเนินไปถึง 90% ต้องมีการตรวจเช็คปริมาณเส้นพลาสติกอย่างสม่ำเสมอทุก 15 นาที เพื่อให้เพียงพอต่อการผลิต เป็นต้น

หลังจากประยุกต์ใช้วิธีแก้ไขปัญหาดังกว่าวข้างต้น พบว่าของเสียในกระบวนการผลิตลดลง และปริมาณการใช้เส้นพลาสติกในการผลิตลดลงเหลือร้อยละ 13.59 ของยอดขายต่อเดือน หรือลดลงร้อยละ 32.99

คำสำคัญ: ชิ้นงานต้นแบบ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ การระดมสมอง

Abstract

Title : Waste Reduction in 3D Print Manufacturing

By : Mr.Supavit Utayapirunrak

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

IS Advisor : .....

(Asst. Prof. Dr. Arthit Sode-Yome)

The purpose of this work was to reduce the amount of waste of the prototype making process of using a 3-D printer. The waste occurred in production process, which made the overuse of plastic wire in 3-D printing equal to 20.28 percent of sales per month.

According to the brainstorming of the staff involved in the production process, it could be concluded that the causes of the waste of plastic wire were: (1) the blockage of the injection nozzle, (2) the bending of the plastic model during production process and (3) the plastic wire left over from printing. From the causes, the process was modified as follows: (1) use high quality plastic wire to prevent the block of injection nozzle, (2) set appropriate distance between the nozzle and the printer and (3) when the production process proceeded up to 90%, check the plastic wire every 15 minutes.

After the application of the proposed methods, the amount of waste in the production process was reduced and the amount of plastic wire used in the printing decreased to 13.59 percent of sales per month, or a 32.99 percent reduction.

Keywords: Prototypes, 3D printers, Brainstorming

Approved by

.....

กิตติกรรมประกาศ

สารนิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช ที่ปรึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต รวมถึงคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ และติดตามทั้งในการศึกษา การทำงานวิจัย และการให้ความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างสูงสุดมาโดยตลอด

ผู้ศึกษากราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ พี่น้อง มิตรสหาย คณะผู้บริหาร หัวหน้าแผนก พนักงานทุกท่านของบริษัทกรณีศึกษา ที่ได้มอบความช่วยเหลือสนับสนุนข้อมูล และอนุมัติการดำเนินงานวิจัย รวมถึงยังเป็นที่ปรึกษาในปัญหาต่างๆ ขอบคุณผู้แต่งหนังสือหรือเอกสารทางวิชาการที่ข้าพเจ้าได้ใช้เป็นเอกสารอ้างอิง ขอบคุณเพื่อนทุกคนที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และสามารถนำผลสำเร็จของงานวิจัยนี้มาปรับใช้งานได้จริง

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้ที่อ่าน และเป็นแนวทางนำสำหรับนำไปปรับใช้กับงานที่เกี่ยวข้องต่อไป หากมีสิ่งใดบกพร่อง ผู้ศึกษาขออภัยเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ศุภวิชญ์ อุทยะพิรุณลักษ์

พ.ศ. 2561

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 แนวทางการทำวิจัย	4
1.7 คำนิยามศัพท์	4
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 การใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7QC Tools)	5
2.1.1.1 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)	5
2.1.1.2 แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)	7
2.1.1.3 กราฟ(Graph)	8
2.1.1.4 ผังพาเรโต (Pareto Diagram)	10
2.1.1.5 แผนภูมิการควบคุม (Control Chart)	11
2.1.1.6 ฮิสโตแกรม (Histogram)	12
2.1.1.7 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)	14

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

2.1.2 ระบบข้อเสนอแนะ (Suggestion) 15

2.2 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการศึกษา 19

3.2 วิธีการศึกษา 19

3.2.1 ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบของการบริหารงาน และระยะศึกษาข้อมูล 20

3.2.2 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure Phase) 20

3.2.3 ระยะการวิเคราะห์ หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) 20

3.2.4 ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase) 21

3.2.5 ระยะการตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase) 21

3.2.6 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 21

บทที่ 4 ผลการศึกษา และปรับปรุงการทำงาน

4.1 การดำเนินธุรกิจ และภาพรวมกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ 24

4.1.1 การดำเนินธุรกิจ และภาพรวมของการผลิต 24

4.1.2 ชิ้นงานต้นแบบต่างๆ แบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่ผลิต 26

4.2 สภาพปัญหาของเสียจากการผลิตในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา 30

4.2.1 ของเสียเกิดจากการทำงานที่ผิดพลาดของตัวเครื่องจักร 30

4.2.2 ของเสียเกิดจากการขาดประสบการณ์ของมนุษย์ 30

4.3 การวิเคราะห์สาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นจากแผนผังก้างปลา 35

4.4 แนวทางการแก้ไข และแนวทางป้องกัน 41

4.4.1 ของเสียจากหัวฉีดตัน 41

4.4.2 ของเสียจากการโก่งงอของชิ้นงาน 42

4.4.3 ของเสียเกิดจากเส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์ 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.4.4 ของเสียเกิดจากชิ้นงานล้ม 43

4.4.5 ของเสียเกิดจากการวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี 44

4.5 การเปรียบเทียบประเมินผลหลังการปรับปรุง 48

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 50

5.2 ข้อเสนอแนะ 51

บรรณานุกรม 52

ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์ 53

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้าที่

ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงเหตุและผล 7
ภาพที่ 2.2 แผนผังพาเรโต 10
ภาพที่ 2.3 แผนภูมิการควบคุม 11
ภาพที่ 2.4 แผนผังการกระจาย 15
ภาพที่ 4.1 โครงสร้างบริหาร 25
ภาพที่ 4.2 กระบวนการการผลิตชิ้นงานต้นแบบพลาสติก 26
ภาพที่ 4.3 การจำแนกลักษณะอาการที่ทำให้ชิ้นงานเสีย 31
ภาพที่ 4.4 งานที่หัวฉีดตัน 100% 31
ภาพที่ 4.5 งานที่หัวฉีดตันบางส่วน 32
ภาพที่ 4.6 การโก่งงอตัวของชิ้นงาน 32
ภาพที่ 4.7 การโก่งงอตัวของชิ้นงาน 33
ภาพที่ 4.8 เส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์ 33
ภาพที่ 4.9 ชิ้นงานล้ม 34
ภาพที่ 4.10 การวางแบบชิ้นงานไม่ดี 34
ภาพที่ 4.11 สาเหตุที่หัวฉีดตัน ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย 35
ภาพที่ 4.12 สาเหตุการโก่งงของงาน ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย 36
ภาพที่ 4.13 สาเหตุเส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์ ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย 36
ภาพที่ 4.14 สาเหตุที่ชิ้นงานล้ม ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย 37
ภาพที่ 4.15 การวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย และคุณภาพต่ำ 37

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1.1 แสดงสรุปต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก และรายรับสุทธิ 2

ตารางที่ 2.1 ประเภทของแผ่นตรวจสอบ 8

ตารางที่ 2.2 ประเภทของกราฟ 9

ตารางที่ 2.3 แสดงลักษณะของฮีสโตแกรม 5 แบบ 13

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาทั้ง 7 ขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว โดยแสดงเป็น
ผังการดำเนินงานการศึกษา และรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานการศึกษา 23

ตารางที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบ 26

ตารางที่ 4.2 ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก ระหว่างเดือน ก.ค. – ธ.ค. 2559 35

ตารางที่ 4.3 สาเหตุการเกิดของเสีย และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น 38

ตารางที่ 4.4 สรุปแนวทางการแก้ไข และแนวทางป้องกัน 45

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก และยอดขายระหว่างเดือน ก.ค. – ธ.ค. 2559 48

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก และยอดขายระหว่างเดือน เม.ย. – ก.ย. 2560 49

บทที่ 1

บทนำ

ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ในอดีตนั้น กว่าจะได้เห็นชิ้นงานต้นแบบที่เป็นตัวอย่างของงานจริง ต้องผ่านขั้นตอนและกระบวนการหลายขึ้น ตั้งแต่การออกแบบ และสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบ เพื่อเป็นแบบหล่อในโรงงานผลิตก่อนจะได้ชิ้นงานต้นแบบออกมาก็ใช้เวลาและต้นทุนที่สูงมาก ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) เข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมด้านการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนต้นแบบ ทำให้สามารถผลิตหรือสร้างวัตถุจากวัสดุได้หลากหลาย อาทิ เส้นพลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ด้ายขนสัตว์ โลหะ และไม้ ฯลฯ โดยใช้เทคนิคการพิมพ์ซ้อนทับกันไปเรื่อยๆ จนเกิดเป็นรูปทรง 3 มิติที่จับต้องได้ สามารถผลิตสิ่งของได้เหมือนจริงและตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุนและด้านเวลาในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบลงอีกด้วย

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

บริษัทกรณีศึกษา รับผลิตชิ้นงานต้นแบบพลาสติก (Rapid Prototype) โดยการสร้างชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ส่งต่อให้ภาคอุตสาหกรรมต่างๆ สภาพปัญหาในการผลิตที่เกิดขึ้นคือ การเกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบนั้นๆ ชิ้นงานชำรุด หรือเสียหายจากหลายสาเหตุ โดยสามารถแบ่งสาเหตุที่ชำรุดของชิ้นงานได้จากความบกพร่องในส่วนที่เกี่ยวกับ คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการ ความเสียหายที่เกิดขึ้นทำให้ชิ้นงานเป็นรอยขีดข่วน มีรอยไหม้ เส้นฉีดวัสดุไม่สม่ำเสมอ ขนาดชิ้นงานไม่ได้ตามแบบ และผลิตชิ้นงานไม่สำเร็จ สูญเสียต้นทุนด้านวัตถุดิบเส้นพลาสติกเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องใช้วัตถุดิบส้นพลาสติกในการผลิตเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อผลิตชิ้นงานไปแล้วเสียหายชิ้นงานนั้นต้องทิ้งเลย ไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ทำให้ในการผลิตต้องสูญเสียต้นทุนทางด้านวัตถุดิบเพิ่มขึ้น โดยบริษัทมีค่าใช้จ่ายต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติกเฉลี่ย 13,514.435 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 20.28 ของยอดขาย/เดือน ซึ่งเป็นการใช้วัตถุดิบในการผลิตที่สูง จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์ปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตนี้

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อมูลสรุปต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และรายรับสุทธิของบริษัทกรณีศึกษาที่ได้ทำการเก็บข้อมูลไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือนก่อนทำการวิจัย สามารถสรุปได้ว่าบริษัทกรณีศึกษาใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 20.28 ของยอดขาย/เดือน

ตารางที่ 1.1 แสดงสรุปต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก และรายรับสุทธิ

เดือน/พ.ศ.2559	ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก/บาท	ยอดขายของบริษัท/บาท
ก.ค.	28,143.11	103,830
ส.ค.	29,170.50	125,130
ก.ย.	17,917.50	57,428
ต.ค.	7,784	47,130
พ.ย.	5,960	18,216
ธ.ค.	10,029	48,080
รวม	81,086.61	399,814
เฉลี่ย/เดือน	13,514.435	66,637
ค่าวัตถุดิบเส้นพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 20.28 ยอดขาย/เดือน		

จากปัญหาข้างต้นของบริษัทกรณีศึกษานี้ ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ มีปริมาณมาก ทำให้ต้องใช้วัตถุดิบในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย แต่ทั้งนี้สามารถทำให้ของเสียที่เกิดขึ้นลดลงได้ ดังต่อไปนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. ศึกษาปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ (Rapid Prototype)
2. ลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ (Rapid Prototype)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบที่เกิดขึ้นย้อนหลัง 3 เดือน
2. วิเคราะห์การดำเนินงานเพื่อกำหนดแนวทางในการปรับปรุง 6 เดือน

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาขั้นตอนและกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบที่ก่อให้เกิดของเสียในการผลิต และวิธีการควบคุมเพื่อไม่ให้เกิดของเสีย
2. เก็บข้อมูลทางสถิติของเสียในกระบวนการผลิต เพื่อมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ
3. สรุปหาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบโดยใช้เครื่องมือ 7QC TOOLS ในการวิเคราะห์ปัญหา
4. หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหาและแนวทางการป้องกัน รวมทั้งการควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมในการผลิต เพื่อไม่ให้เกิดของเสียในการผลิตชิ้นงานต้นแบบ
5. ทดลองใช้แนวทางปรับปรุงแก้ไขปัญหาและแนวทางในการป้องกัน เพื่อไม่ให้เกิดของเสียในการผลิตชิ้นงานต้นแบบ
6. เปรียบเทียบประเมินผลหลังการปรับปรุง
7. จัดทำคู่มือการแก้ปัญหาคุณภาพชิ้นงานต้นแบบจากการเก็บข้อมูลทางสถิติ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง
8. สรุปผลการดำเนินการศึกษา และเพิ่มข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำการศึกษานี้มีดังต่อไปนี้

1. ช่วยให้การวางแผนในกระบวนการผลิตได้ง่ายขึ้น
2. ช่วยลดของเสียในกระบวนการผลิต
3. สามารถใช้ทรัพยากรในกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
4. ผลผลิตสูงขึ้น

1.6 แนวทางการทำวิจัย

แนวทางการศึกษาจะวิเคราะห์กระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ และแนวคิดในการจำแนกประเภทของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

1. ศึกษากระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ ขั้นตอนและวิธีการเพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสีย
2. กำหนดแนวทางการปรับปรุงแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อให้สามารถลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ

1.7 คำนิยามศัพท์

คำนิยามศัพท์มีดังต่อไปนี้

1. 7QC TOOLS หมายถึง เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด ที่นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุง
2. Rapid Prototype หมายถึง กระบวนการในการสร้างชิ้นงานต้นแบบขึ้นมาจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยนำแบบที่สร้างโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในรูปของข้อมูลดิจิตอลไปคำนวณ แล้วสั่งให้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ฉีดพลาสติกที่ถูกหลอมละลายผ่านหัวฉีดเข้าไปในเครื่องพิมพ์ และทำการสร้างชิ้นงานขึ้นมาทีละชั้นจนเสร็จขึ้นรูปเป็นชิ้นงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการศึกษาด้านแนวคิด ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครอบคลุมหลักการและแนวคิด รวมทั้งวิธีการที่ใช้ในการศึกษา วิเคราะห์ และการปรับปรุงกระบวนการผลิต

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการศึกษาวิธีการทำงานของการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ประกอบด้วยทฤษฎี เครื่องมือและหลักการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. การใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7QC Tools)
2. เทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming)

2.1.1 การใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7QC Tools) [1]

เครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ชนิด สามารถแจกแจงได้ดังนี้

1. แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)
2. แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)
3. กราฟ (Graph)
4. ผังพาเรโต (Pareto Diagram)
5. แผนภูมิการควบคุม (Control Chart)
6. ฮิสโตแกรม (Histogram)
7. แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)

2.1.1.1 แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

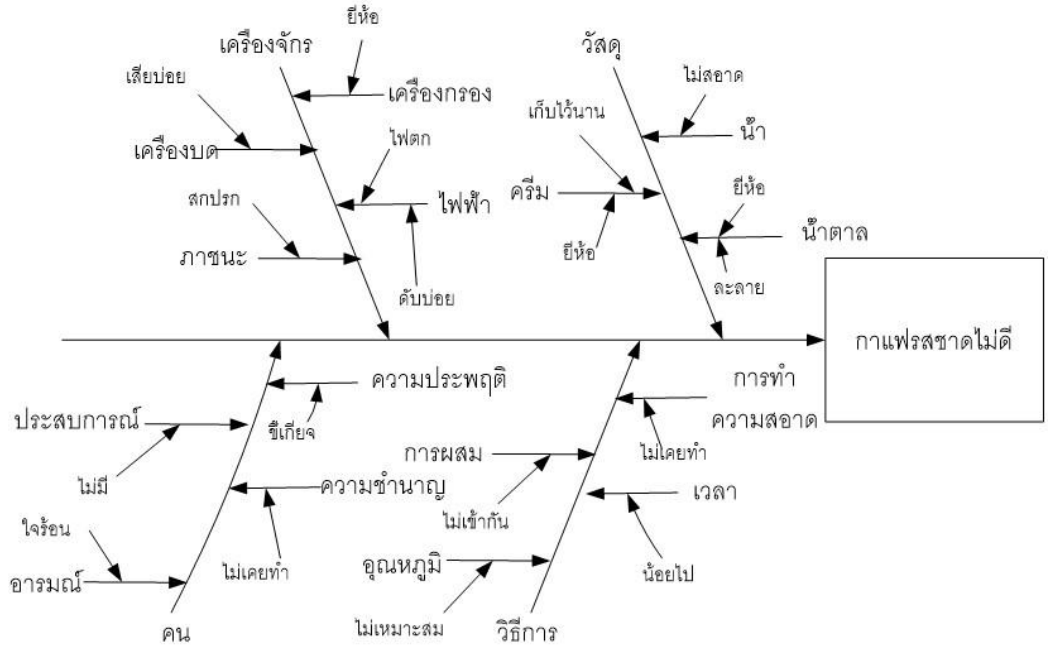
แผนผังแสดงเหตุ และผล (Cause and Effect Diagram) คือ แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง (Effect) สาเหตุ (Causes) ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์นั้นๆ ปัญหาเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ อาจมีหลายสาเหตุ จึงต้องมีการแจกแจงสาเหตุต่างๆ ออกมาให้ชัดเจน ทั้งนี้เพื่อการศึกษาวิเคราะห์ทำความเข้าใจ และการหาแนวทางแก้ปัญหาให้ตรงประเด็น แผนผังแสดงเหตุ และผลเรียกอีกชื่อว่า ผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือผังอิชิกาวา (Ishigawa Diagram)

หากกล่าวถึงในส่วนของกระบวนการผลิต โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนาไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

1. Man หมายถึง การตรวจสอบผู้ปฏิบัติ ทำงานตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ มีความรับผิดชอบหรือไม่ ผู้ปฏิบัติมีทักษะความชำนาญหรือไม่ ผู้ปฏิบัติได้รับมอบงานที่ตรงกับความสามารถหรือไม่
2. Machine หมายถึง การตรวจสอบอุปกรณ์อำนวยความสะดวก สอดคล้องกับความสามารถของขบวนการผลิต หรือเครื่องจักรขัดข้องบ่อยหรือไม่ การจัดวางเหมาะสมหรือไม่ เครื่องจักรอยู่ในสภาพการใช้งานหรือไม่
3. Material หมายถึง การตรวจสอบ 6 ข้อผิดพลาดในเรื่องคุณภาพการตรวจสอบระบบคงคลังเพียงพอหรือไม่
4. Method หมายถึง การตรวจสอบว่ามาตรฐานในการทางานมีเพียงพอหรือไม่ มีวิธีที่ปลอดภัยหรือไม่ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพหรือไม่ ลำดับขั้นตอนการทำงานเหมาะสมหรือไม่
5. E - Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการ – ทำงาน

ประโยชน์ของแผนผังสาเหตุและผลมีดังนี้

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดจากสมองของทุกคนที่เป็นสมาชิกกลุ่มคุณภาพอย่างเป็นหมวดหมู่ ซึ่งได้ผลมากที่สุด
2. แสดงให้เห็นสาเหตุต่างๆ ของปัญหา ของผลที่เกิดขึ้นที่มีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปมสำคัญที่จะน่าไปปรับปรุงแก้ไข
3. แผนผังนี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ได้มากมายทั้งในหน้าที่การงาน สังคม แม้กระทั่งชีวิตประจำวัน



ภาพที่ 2.1 แผนภาพแสดงเหตุและผล

2.1.1.2 แผ่นตรวจสอบ (Check Sheet)

แผนภูมิแจงนับ(Tally Chart) หรือใบตรวจสอบ(Check Sheet) คือตารางแผนผังหรือรายการที่มีการออกแบบไว้ล่วงหน้า เพื่อความสะดวกในการบันทึกข้อมูลหรือตัวเลข แต่เพื่อความสะดวกมักจะออกแบบเพื่อให้สามารถใช้การ “ขีด” (/) ลงในใบตรวจสอบ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสังเกตที่มีต่อปัญหาใดปัญหาหนึ่ง เป็นพื้นฐานสำคัญของการควบคุมกระบวนการและการแก้ไขปัญหา

วัตถุประสงค์ของการออกแบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล มีดังนี้

1. เพื่อควบคุมและติดตาม (Monitoring) ผลการดำเนินการผลิต
2. เพื่อการตรวจสอบ
3. เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของความไม่สอดคล้อง

ประเภทของแผ่นตรวจสอบตามลักษณะของแผ่นตรวจสอบแสดงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ประเภทของแผ่นตรวจสอบ

ลักษณะของแผ่นตรวจสอบ	วัตถุประสงค์	การนำไปใช้
1. กระดาษเปล่า	ข้อมูลทั่วไป	ใช้บันทึกเท่านั้น ไม่นำไปวิเคราะห์ต่อ
2. ตารางแสดงความถี่	นับจำนวนตำหนิ	ใช้จำแนกข้อมูลเพื่อนำไปทำแผนผัง/กราฟ
3. ตารางกรอกตัวเลข	นับจำนวนของเสีย/จำนวนคน ข้อมูลจากการวัด/การทดสอบ	ใช้เขียนแผนผังควบคุม ผังการกระจายฮิสโตแกรม หรือแผนภูมิกราฟ
4. ตารางการทำเครื่องหมาย	ทำเครื่องหมายแทนการเขียน	ใช้จำแนกข้อมูล ทำผังพาเรโตหรือกราฟ
5. ตารางแบบสอบถาม	สอบถามข้อคิดเห็น	หาความถี่ ทำผังพาเรโต
6. ตารางแบบอื่นๆ	การตรวจสอบเฉพาะเรื่อง	ใช้ตามวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่อง เช่น แบบสอบถามสำหรับเลือกเมนูอาหาร

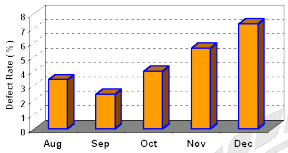
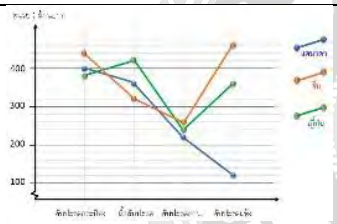
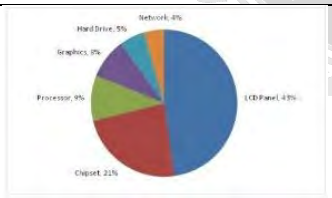
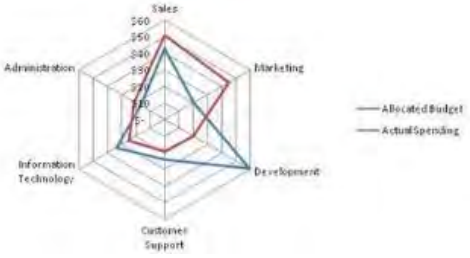
2.1.1.3 กราฟ(Graph)

"กราฟ" คือเครื่องมือสาหรับใช้ในการแสดงข้อมูลที่เป็นตัวเลขออกมาให้เห็นภาพ เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์ขอมูลที่เป็นตัวเลขทุกประเภท สามารถนำเสนอในรูปกราฟได้ ข้อดีของกราฟ คือเขียนง่าย อ่านง่าย เข้าใจง่าย ช่วยให้ตีความหมายของข้อมูลได้รวดเร็ว และสามารถเปรียบเทียบข้อมูลหลายๆ ชุดให้เห็นความแตกต่างได้ชัดเจน

ประเภทของกราฟแบ่งออกได้ 4 ประเภทดังนี้

1. กราฟแท่ง
2. กราฟเส้น
3. กราฟวงกลม
4. กราฟใยแมงมุม

ตารางที่ 2.2 ประเภทของกราฟ

ประเภทของกราฟ	ลักษณะเฉพาะ
 กราฟแท่ง	● ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่า หรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยใช้การเปรียบเทียบบนพื้นที่ของกราฟ ● ไม่เหมาะสมในการดูแนวโน้มแบบระยะยาว แต่เหมาะกับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา
 กราฟเส้น	● ใช้ดูแนวโน้ม เพื่อทำการพยากรณ์ในอนาคต หรือทำนายผล โดยใช้ข้อมูลในอดีต ● ใชสำหรับการควบคุมแผนงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
 กราฟวงกลม	● พื้นที่ภายในของกราฟเท่ากับ 100% โดยแต่ละส่วนที่แบ่งออกจะแสดงถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วนของส่วนประกอบทั้งหมด
 กราฟใยแมงมุม	● เป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของแต่ละส่วน โดยกำหนดตำแหน่งจุดลงในแต่ละเส้นแกนของกราฟ ใช้เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง หรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป

2.1.1.4 ผังพาเรโต (Pareto Diagram)

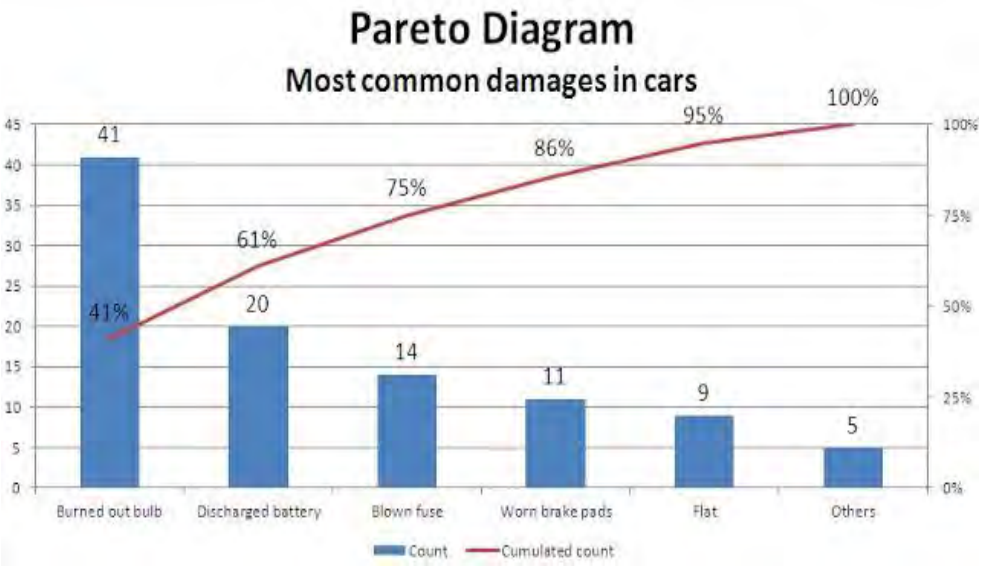
ผังพาเรโต (Pareto Diagram) คือ แผนภูมิที่ใช้สำหรับตรวจสอบปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในองค์การว่าปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญที่สุดโดยการเรียงลำดับ จากนั้นนำปัญหาหรือสาเหตุเหล่านั้นมาจัดหมวดหมู่หรือแบ่งแยกประเภท แล้วเรียงลำดับความสำคัญจากน้อยไปหามาก เพื่อแสดงให้เห็นว่าแต่ละปัญหามีอัตราส่วนเท่าใดเมื่อเทียบกับปัญหาทั้งหมด โดยการแสดงลักษณะกราฟแท่ง จุดที่สุดคือของกราฟคือปัญหาที่เกิดร่วมกันมากที่สุด (Most Common Problem) จึงต้องสนใจแก้ไขในจุดนั้นมากที่สุด

แผนผังพาเรโตถูกใช้เมื่อต้องการแก้ไขดังนี้

1. กำหนดสาเหตุที่สำคัญ (Critical Factor) ของปัญหารวม เพื่อแยกจากสาเหตุอื่นๆ
2. ยันผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหา โดยทำการเปรียบเทียบ “ก่อนทำ” กับ “หลังทำ”
3. ค้นหาปัญหา และสืบหาคำตอบในการดำเนินกิจกรรมแก้ปัญหา

ประโยชน์ที่รับจากแผนผังพาเรโต คือ

1. สามารถทำการบ่งชี้ให้เห็นถึงหัวข้อใดที่เป็นปัญหามากที่สุด
2. สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด
3. ใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหา ทำให้โน้มน้าวจิตใจได้ดี
4. ไม่ตองใช้การคำนวณที่ยุ่งยากก็สามารถจัดทำได้ และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้
5. ใช้สาหรับการตั้งเป้าหมาย ทั้งตัวเลขและปัญหา



ภาพที่ 2.2 แผนผังพาเรโต

2.1.1.5 แผนภูมิการควบคุม (Control Chart)

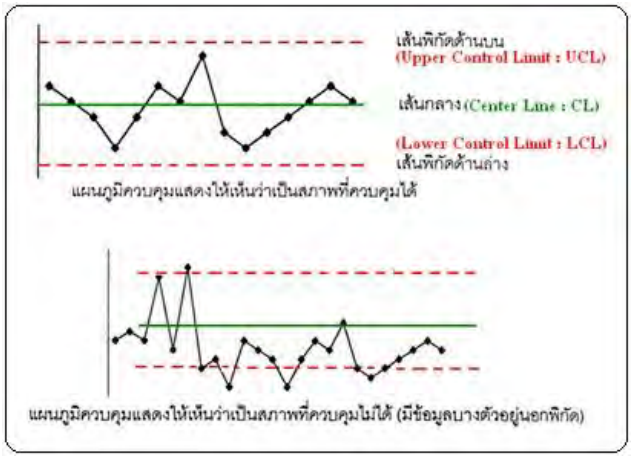
แผนภูมิการควบคุม (Control Chart) คือ แผนภูมิที่เขียนขึ้นโดยอาศัยข้อมูลจากข้อกำหนดทางด้านเทคนิค ที่ระบุถึงคุณสมบัติ หรือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิตแผนภูมิการควบคุมเป็นกราฟเส้น (Line Graph) ที่ใช้เพื่อติดตามดูแนวโน้มหรือผลการปฏิบัติงาน โดยใช้ข้อมูลจากการติดตามงาน สร้างขอบเขตการควบคุม (Control Limits) ขอบเขตการควบคุมจะมีช่วง (Range) ที่ให้การปฏิบัติดำเนินการได้ ประกอบด้วยขอบเขตการควบคุมบน (Upper control limit : UCL) และขอบเขตการควบคุมล่าง (Lower control limit : LCL) การควบคุมจะคุมไม่ให้การปฏิบัติงานในแต่ละระยะเวลาออกนอกขอบเขต

ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุมมีดังนี้

1. ใช้เฝ้าติดตามดูว่าตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการทำงานมีค่าอยู่ในพิกัดที่ต้องการหรือไม่
2. ใช้เฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุม ว่ามีแนวโน้มอย่างไร ทำให้ทราบได้ล่วงหน้าว่ามีแนวโน้มจะเกิดปัญหาหรือไม่ และสามารถคิดหามาตรการและลงมือป้องกันแก้ไขได้อย่างทันท่วงที ก่อนที่จะเกิดความเสียหายขึ้น
3. ใช้เปรียบเทียบผลก่อน และหลังการแก้ไขปัญหา

ลักษณะที่สำคัญของแผนภูมิควบคุม มีดังนี้

1. มีลักษณะคล้าย "กราฟเส้น"
2. เนื่องจากมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเฝ้าดูความผันแปรของค่าของข้อมูลจึงมีองค์ประกอบเพิ่มเติม ได้แก่ เส้นพิกัดด้านบน (Upper Control Limit : UCL) เส้นพิกัดด้านล่าง (Lower Control Limit : LCL) เส้นกลาง (Center Line : CL)



ภาพที่ 2.3 แผนภูมิการควบคุม

2.1.1.6 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ กราฟแท่งชนิดหนึ่งซึ่งแสดงถึงการกระจายความถี่ของข้อมูล (แสดงข้อมูลเป็นหมวดหมู่) ที่เก็บรวบรวมเรื่องใดเรื่องหนึ่ง การจัดการคุณภาพแสดงความถี่ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตามตัวแปรตัวหนึ่ง ใช้เปรียบเทียบกับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ มีแนวโน้มสู่ศูนย์กลางที่เป็นค่าสูงสุด แล้วกระจายลดหลั่นลงตามลำดับ

ประโยชน์ของฮิสโตแกรมมีดังนี้

1. เพื่อศึกษาว่าข้อมูลชุดหนึ่งมีการกระจายตัวมากหรือน้อยเพียงไร อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ (ตามสเปค) มากหรือน้อยเพียงไร
2. ใช้ในการคำนวณหาค่าทางสถิติของข้อมูลชุดนั้น อาทิค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าพิสัย ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
3. จากค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ (ตามสเปค) และ ค่าทางสถิติที่คำนวณได้ ทำให้สามารถระบุค่า "ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index : Cp)" ได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการ "เปรียบเทียบสมรรถนะ (benchmarking)" และการปรับปรุงกระบวนการต่อไป
4. ใช้ตรวจสอบประสิทธิผลของการปรับปรุง

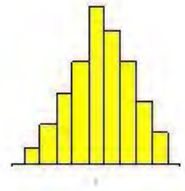
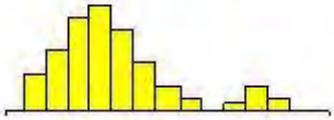
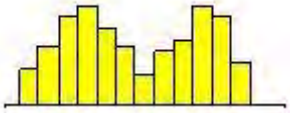
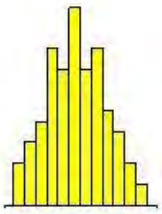
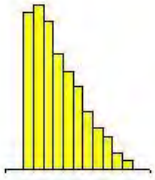
แผนภาพฮิสโตแกรมจะถูกนำมาใช้ต่อเมื่อ

1. ทำการตรวจสอบหาความผิดปกติ โดยดูจากการกระจายตัวของกระบวนการทำงาน
2. ทำเปรียบเทียบข้อมูลหลักกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ หรือค่ากำหนดสูงสุด - ค่ากำหนดต่ำสุด
3. ทำการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process Capability)
4. วิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root Cause)
5. ติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว
6. เมื่อข้อมูลมีจานวนมาก ๆ

ลักษณะของฮีสโตแกรมมี 5 แบบดังนี้

1. แบบปกติ (Normal Distribution)
2. แบบแยกเป็นเกาะ (Detached Island Type)
3. แบบระฆังคู่ (Double Hump Type)
4. แบบฟันปลา (Serrated Type)
5. แบบหน้าผา (Cliff Type)

ตารางที่ 2.3 แสดงลักษณะของกราฟแท่งฮีสโตแกรม 5 ลักษณะ

ลักษณะกราฟแท่งฮิสโตแกรม	ลักษณะการพบเจอ
 ลักษณะแบบปกติ	เป็นการกระจายตัวของการผลิต โดยเป็นไปตามปกติของค่าเฉลี่ย ส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลางของกราฟ
 ลักษณะแบบแยกเป็นเกาะ	พบเจอเมื่อกระบวนการการผลิตขาดการปรับปรุงหรือกระบวนการผลิตไม่ดี
 ลักษณะแบบระฆังคู่	พบเจอเมื่อนำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของเครื่องจักร 2 เครื่อง และ 2 แบบมารวมไว้ด้วยกัน
 ลักษณะแบบฟันปลา	พบเจอเมื่อเครื่องมือตรวจวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่าผลการวัดมีความคลาดเคลื่อนเกินไป
 ลักษณะแบบหน้าผา	พบเจอเมื่อมีการตรวจสอบค่าแบบ Total Inspection เพื่อทำการคัดของเสียออก

2.1.1.7 แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram)

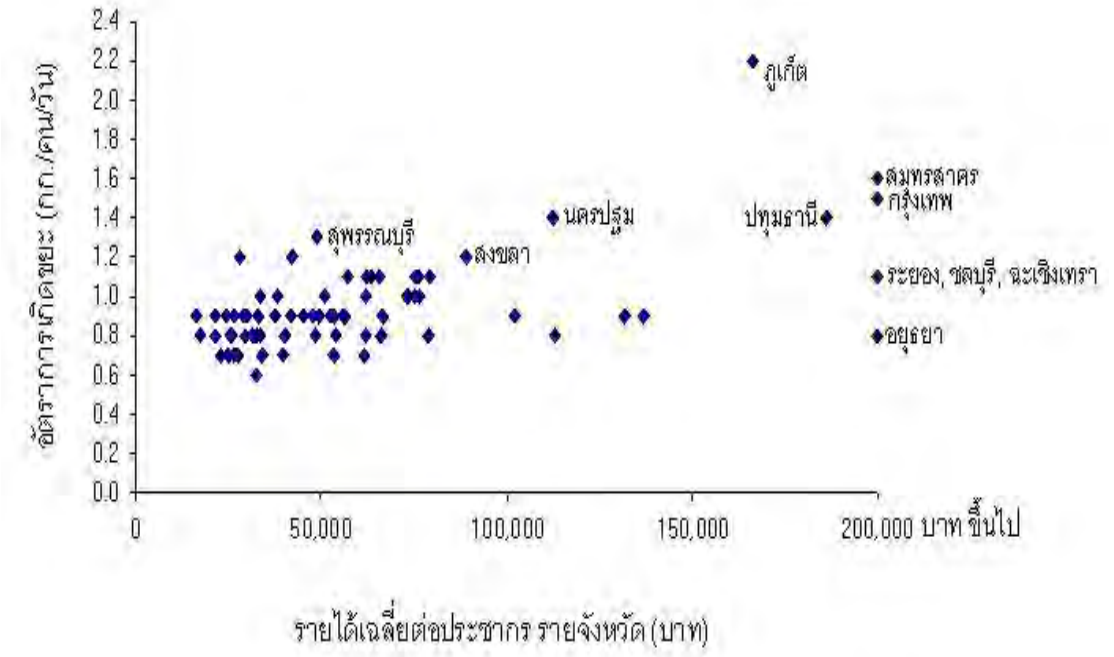
แผนผังการกระจาย (Scatter Diagram) คือ แผนผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ที่มีความเกี่ยวข้องกับการควบคุมการผลิตว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไรในข้อมูลทางสถิติ โดยข้อมูลที่เกิดขึ้นจะเป็นจุดเด่นในการกระจายตัวของข้อมูลทั้ง 2 ชุด ซึ่งอาจกระจายตัวกันในลักษณะที่มีความสัมพันธ์กัน หรือไม่สัมพันธ์กันก็ได้ ความสัมพันธ์ยังอาจมีทิศทาง และระดับที่แตกต่างกันออกไปก็ได้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด

ประโยชน์ของแผนผังการกระจายมีดังนี้

1. เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ชุด หรือตัวแปรที่มี 2 ตัว
2. เพื่อทำการตรวจสอบผลการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่งหรือไม่ และจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางใด

ใช้แผนผังการกระจายต่อเมื่อ

1. ต้องการจะบ่งชี้หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา
2. เมื่อต้องการจะทำการตัดสินใจระหว่างผลกระทบ 2 ตัวแปร ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน และปัญหานั้นเกิดมาจากสาเหตุเดียวกันหรือไม่
3. ต่อเมื่อต้องการจะอธิบายหาความสัมพันธ์ของก้างปลา (X) ที่ได้ผลมากจากการระดมสมองมีผลกระทบอย่างไรต่อหัวปลา (Y) หรือไม่ เช่น อัตราการขาดงานของคนงานเป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่บกพร่องมีจานวนมากขึ้น
4. เมื่อต้องการใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือตัวแปร 2 ตัว ที่เราสนใจศึกษาว่าจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักหรือไม่



ภาพที่ 2.4 แผนผังการกระจาย

2.1.2 ระบบข้อเสนอแนะ (Suggestion) [5]

ระบบข้อเสนอแนะ (Suggestion) เป็นแนวคิดในการทำงาน ที่มุ่งเน้นให้พนักงานได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น เพื่อปรับปรุงงานในเรื่องต่างๆ เช่น การสร้างคุณภาพ การลดต้นทุน การสร้างความปลอดภัยในการทำงาน และการดูแลรักษาเครื่องจักร การกำจัดขั้นตอนการทำงานไม่จำเป็นออกไป ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะมีความภาคภูมิใจที่ได้มีส่วนร่วมในการทำให้เกิดคุณภาพขององค์กร ซึ่งการจัดทำข้อเสนอแนะนั้น จะทำเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มก็ได้ ระบบข้อเสนอแนะมีใช้ครั้งแรกที่ประเทศสก็อตแลนด์ เมื่อปี ค.ศ. 1880 โดยบริษัทวิลเลี่ยมเคบล์ จำกัด ต่อมาเมื่อปี ค.ศ. 1894 บริษัทในประเทศสหรัฐอเมริกาได้นามาใช้ สาหรับในประเทศญี่ปุ่นได้พัฒนามาใช้ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 และได้มีการใช้กันอย่างกว้างขวาง ส่วนในประเทศไทยได้มีการนำมาใช้โดยบริษัทในเครือของญี่ปุ่น ที่เข้ามาลงทุนในประเทศไทย และได้เผยแพร่ไปสู่บริษัทอื่นๆ เพิ่มขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับจากการส่งเสริมให้มีการจัดทำระบบข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงงาน คือ

1. เพื่อส่งเสริมพนักงานให้มีส่วนร่วมในการทำงาน
2. เพื่อส่งเสริมจิตสำนึกให้แก่พนักงานในการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

3. เพื่อให้พนักงานมีความภาคภูมิใจ และสร้างแรงจูงใจให้แก่พนักงาน
4. เพื่อให้พนักงานได้มีความคิดในการแก้ปัญหา และปรับปรุงงานอยู่เสมอ

ข้อแนะนำในการจัดทำข้อเสนอแนะมีดังนี้

1. ควรเป็นคนช่างสังเกตสิ่งที่อยู่รอบๆตัวอยู่เสมอ
2. ควรเสนอข้อคิดเห็นเรื่องที่อยู่ใกล้ตัวก่อน
3. ไม่ควรคิดว่าตัวเองเป็นคนไร้ความสามารถ
4. ไม่วิจารณ์ความคิดเห็น
5. ควรปล่อยความคิดให้เป็นอิสระ
6. ความคิดเห็นนั้นจะต้องไม่ขัดต่อระเบียบวินัยของหน่วยงาน
7. ปัญหาที่นำมาทำข้อเสนอแนะ จะต้องไม่ใช่ปัญหาที่มีสาเหตุจากการละเลยต่อการปฏิบัติหน้าที่ของพนักงานเอง

โดยหลักการของข้อเสนอแนะ ข้อเสนอแนะเป็นการทำงานที่ทำให้ผู้ปฏิบัติงานได้มีโอกาสที่จะเสนอความคิดเห็นในการทำงานที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กร เป็นการทำงานที่เป็นการทำงานจากล่างขึ้นบน ซึ่งญี่ปุ่นเรียกว่า Kaizen Activity กิจกรรมข้อเสนอแนะจะประสบผลสำเร็จลงได้นั้นจะต้องมีลักษณะการทางานที่เป็นประชาธิปไตย ผู้บริหารจะต้องยอมรับความคิดเห็น และปัญหาที่เกิดขึ้น โดยจะต้องมีความมุ่งมั่นในการสร้างคุณภาพอย่างแท้จริง การตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ต้องใช้หลักเหตุและผล และต้องมีความเชื่อมั่นว่าทุกคนมีศักยภาพ และสามารถที่จะพัฒนาได้ หลักในจัดทำข้อเสนอแนะ มีดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงงาน จะต้องเป็นการสร้างประโยชน์ต่อองค์กร โดยความคิดเห็นในการปรับปรุงงานอาจจะมาจากผู้ปฏิบัติงานเป็นรายบุคคล หรือเกิดจากการรวมกลุ่มของพนักงานก็ได้
2. หลักประชาธิปไตยในการจัดทำข้อเสนอแนะนั้น จะต้องมีบรรยากาศของการทำงานแบบประชาธิปไตย มีการยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกัน โดยหลักของประชาธิปไตยมีลักษณะดังนี้
   2.1 มีการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น
   2.2 มีการคิดพิจารณา หรือตัดสินใจด้วยข้อเท็จจริง และมีเหตุผล
   2.3 ต้องมีความเชื่อมั่นว่ามนุษย์ทุกคนมีความสามารถ และสามารถพัฒนาได้
   2.4 ยอมรับการตัดสินใจของคนส่วนใหญ่ที่มีเหตุผลที่ดีกว่า และปฏิบัติตามมติของที่ประชุม ไม่ว่ามตินั้นจะไม่ตรงกับความคิดของตน

2.2 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียในกระบวนการผลิตมีดังต่อไปนี้

พิพัฒเพงศ์ ศรีชนะ (2555) ทำการศึกษาการลดปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตอิฐบล็อก ซึ่งผู้ดำเนินโครงการได้ศึกษาหาวิธีการแก้ปัญหาลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตอิฐบล็อก จึงได้ทำการฝึกอบรมพนักงาน และการเฝ้าติดตามการปฏิบัติงานของพนักงานให้ปฏิบัติงานอย่างถูกวิธีอย่างใกล้ชิด ส่งผลให้พนักงานเกิดความตั้งใจ และปฏิบัติงานได้อย่างมีคุณภาพ และมีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น ทำให้ของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตอิฐบล็อกนี้ลดลง โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อน และหลังการปรับปรุงคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นเทียบกับยอดการผลิตจากความถี่ของของเสียที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุง 7058 ครั้ง หลังจากได้ทำการปรับปรุงในแผนก ผลิตอิฐบล็อก ความถี่ของของเสียที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงของเสียเกิดขึ้น 564 ครั้ง [4]

บุศราภรณ์ ไชยศิริ (2553) ทำการศึกษาการวิจัยเพื่อลดของเสียจากปัญหาสล๊อตเลื่อนที่เครื่องพิมพ์กล่องกระดาษ เพื่อทำการหาสาเหตุแห่งปัญหา โดยใช้เครื่องมือ QA Matrix ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ในการทำงานของเครื่องจักรที่สอดคล้องกับปัญหาสล๊อตเลื่อน โดนใช้ FMEA ในการวิเคราะห์หาจุดบกพร่อง หาผลกระทบ และทำการลำดับความสำคัญของผลกระทบนั้นๆ และนำ P-M Analysis มาใช้เพื่อหาต้นตอของสาเหตุ จึงทำให้ได้ข้อสรุปว่าสาเหตุเกิดจากชุดป้อนกระดาษของเครื่องพิมพ์ลอนลูกฟูก อยู่ในภาวะไม่เหมาะสมในการทำงาน จึงดำเนินการแก้ไขและปรับปรุง โดยได้จัดทำคู่มือวิธีการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรทั้งหมดให้แก่พนักงานปฏิบัติตามคู่มือ ของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตลดลง [2]

พัตร์พิมล สุวรรณกาญจน์ (2554) ทำการศึกษาการศึกษางานวิจัยการลดของเสียในการผลิตล้อแม็ก เป็นการศึกษาเพื่อหาทางแก้ไขปรับปรุงการกลึง Center Bore ในกระบวนการ CNC โดยการใช้หลักการกลุ่มคุณภาพ (QCC) การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนผังพาเรโตแล้ว นำไปใช้ในการปรับปรุง แก้ไขผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับปรุง พบว่าสามารถลดความสูญเสียลงได้เป็นมูลค่า 211,488 บาท/เดือน [5]

กนกวรรณ ตั้งรัตนพิทักษ์ (2550) ทำการศึกษาการลดความสูญเสียของการผลิตลำโพงในโรงงานตัวอย่าง โดยใช้เทคนิคการจัดการงานวิศวกรรมตามแนวคิดการลดความสูญเสีย 7 ประการ จากการศึกษาพบว่า ความสูญเสียที่เกิดขึ้นมาจากปัญหาทางเทคนิค และการจัดการได้ทำแผนการปรับปรุงการจัดระบบสินค้าคงคลังพบว่า มูลค่าความสูญเสียที่ลดลง 349,163 บาท และอัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ ร้อยละ 347 ต่อเดือน [1]

ธณัฏฐชัย ศรีธัญรัตน์ (2552) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดความสูญเปล่าในสายการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ศึกษาจึงได้เสนอให้ทำการพิจารณากิจกรรมในแต่ละขั้นตอนการทำงานตลอดทั้งสายการผลิต เพื่อจำแนกกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า โดยทำการวิเคราะห์ในแต่ละกิจกรรม และจำแนกออกให้อยู่ในรูปแบบของความสูญเปล่าแต่ละประเภท จากนั้นทำการแก้ไขปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการและการเลือกใช้เทคนิคการลดความสูญเปล่า 7 ประการ มาใช้ให้เหมาะสมกับแต่ละประเภทของความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น ผลหลังจากการดำเนินการปรับปรุงโรงงานกรณีศึกษาแห่งนี้พบว่า ความสูญเปล่ามีแนวโน้มที่ลดลง ดูได้จากกรอบการผลิตที่ลดลงจาก 159.81 วินาทีต่อชิ้น เป็น 103.52 วินาทีต่อชิ้น เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความสูญเปล่าจะลดลงเท่ากับ 35.22 % [3]

ยุทธณรงค์ จงจันทร์ (2554) ได้ทำการศึกษาปัญหาของเสีย (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเตาเหล็กหล่อ โดยใช้เทคนิคการลดความสูญเสีย 7 ประการ (7 West) เพื่อลดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น เมื่อดำเนินการแก้ไขตามวิธีที่กล่าวมาพบว่า ของเสียในกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงลดลงจาก 3.3 % เหลือ 0.16 % ลดลง 3.14 % คิดเป็นร้อยละ 95.14 % มูลค่าของเสียหลังการปรับปรุงลดลงจาก 142,316 บาท เหลือ 12,981 บาท ลดลง 129,335 บาท คิดเป็นร้อยละ 90.81% และสามารถกำหนดเอกสารการทำงานที่เป็นมาตรฐานให้กับพนักงานได้

อุษาวดี อินทร์คล้าย (2555) ได้ทำการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการเชื่อมภายในแผนก Welding โดยใช้หลักการ PDCA ,ผังกราฟพาเรโต (Pareto Diagram) ,แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) และเทคนิค FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) มาใช้ โดยหลังจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการแล้ว พบว่าการเกิดรอยรั่วเนื่องจากการเชื่อมที่ตำแหน่ง Pipe-L ลดลงของเดิมรอยรั่วอยู่ที่ 5.1% เหลือ 1.5% ในด้านรอยรั่วมาจากการเชื่อมที่ตำแหน่ง Upper & Lower สามารถลดการเชื่อมรั่วจากเดิม 3.7% ลดลงเหลือ 1.2%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาถึงวิธีการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น โดยใช้เทคนิคการใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) และการใช้ระบบข้อเสนอแนะ (SUGGESSION SYSTEM) มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการผลิต เพื่อให้ของเสียที่เกิดขึ้นลดลง โดยมีขอบเขตการศึกษา วิธีการศึกษา และวิธีวิเคราะห์ขอมูลดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสีย และจำแนกของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยมีขอบเขตในการศึกษา ดังนี้

1. ศึกษาสภาพปัญหาหรือสาเหตุเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งจำแนกตามประเภทของเสียที่เกิดจาก 4M คือ Man, Machine, Method, Material
2. การวิเคราะห์ขั้นตอนหรือกระบวนการต่างๆเหล่านี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำไปสู่การลดของเสีย โดยใช้เทคนิคการใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) มาช่วยแก้ไขปัญหา

3.2 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้วิธีการวิเคราะห์ปัญหา และมูลเหตุของปัญหาตามขั้นตอนการศึกษา 7 ประการดังนี้

1. ศึกษาระบบการดำเนินงานในปัจจุบันของโรงงานหรือบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา และกำหนดระยะเวลาการศึกษาข้อมูล
2. เก็บข้อมูลปัญหาที่ส่งผลให้เกิดของเสีย (MeasurePhase)
3. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)
4. ปรับปรุงแก้ไขปัญหา (ImprovePhase)
5. ตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase)
6. สรุปผลการดาเนินการศึกษา และเพิ่มเติมข้อเสนอแนะ

3.2.1 ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบของการบริหารงาน และกำหนดระยะเวลาการศึกษาข้อมูล

การศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบของการบริหารงาน เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานทั้งในอดีต และปัจจุบันของบริษัทที่ใช้เป็นกรณีศึกษา โดยมีการแบ่งออกได้ดังนี้

1. รูปแบบของการดำเนินธุรกิจ
2. โครงสร้างขององค์กร
3. ผลิตภัณฑ์ภาพรวมของบริษัท
4. ภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ
5. สภาพปัญหา ภาพรวมทั่วไปในบริษัท
6. ศึกษาทฤษฎี และงานศึกษาที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับวิธีการลดความสูญเปล่าและกิจกรรมที่เพิ่ม และไม่เพิ่มคุณค่า เพื่อให้สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้กับงานศึกษาได้
7. ศึกษาสถิติข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น

3.2.2 เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure Phase)

การศึกษาระยะนี้ประกอบด้วย

1. เก็บข้อมูลปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น และรวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นสถิติที่บ่งบอกถึงจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
2. ให้พนักงาน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนมีการเสนอแนะปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นข้อมูลในการประชุมหาแนวทางแก้ไข

3.2.3 วิเคราะห์ หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

การศึกษาระยะนี้ประกอบด้วย

1. นำข้อมูลทางสถิติที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคน เพื่อหาสาเหตุของปัญหาแต่ละปัญหา และร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหา
2. ลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาจากหลักการของพาเรโต (Pareto)
3. สรุปแนวทางที่จะใช้ในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดโอกาสในการเกิดของเสียให้น้อยที่สุด

3.2.4 ปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase)

การศึกษาระยะนี้ประกอบด้วย

1. นำแนวทางในการแก้ไขประชุมร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปปฏิบัติจริง
2. ดำเนินการทดลองใช้แนวทางปรับปรุง หรือปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรภายใต้ระยะเวลาการศึกษา
3. ทำการวัดผลหลังจากการปรับปรุงแก้ไข

3.2.5 ตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase)

การศึกษาระยะนี้ประกอบด้วย

1. ร่วมกันพิจารณากระบวนการผลิต และติดตามการดำเนินงาน เพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุง
2. ประชุมเพื่อสรุปผล และนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปใช้ในระยะยาว
3. จัดทำคู่มือการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น คู่มือซ่อมบำรุง เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว และแม่นยำยิ่งขึ้น

3.2.6 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา และปรับปรุงวิธีการทำงาน จะสรุปผลเป็นการวัดผลเชิงปริมาณในเรื่องการลดลงของของเสียในกระบวนการผลิตในช่วง 6 เดือน ประเมินแนวโน้มผลการดำเนินงานว่าดีหรือไม่ อย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการลดของเสียในขั้นตอนวิธีการในจุดอื่นๆ ต่อไป

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาทั้ง 7 ขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว โดยแสดงเป็นผังการดำเนินงานการศึกษา และรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานการศึกษา

ขั้นตอนการดำเนินงานการศึกษา	รายละเอียด
1. ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลรูปแบบของการบริหารงาน และศึกษาข้อมูล (Define Phase)	- รูปแบบของการดำเนินธุรกิจ - ผลิตภัณฑ์ภาพรวมของบริษัท - ภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ - สภาพปัญหา ภาพรวมทั่วไปในบริษัท - ศึกษาสถิติข้อมูลจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น
2. เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา (Measure Phase)	- เก็บข้อมูลปัญหาของเสียที่เกิดขึ้น และรวบรวมข้อมูลเพื่อเป็นสถิติที่บ่งบอกถึงจำนวนของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ - ให้พนักงาน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนมีการเสนอแนะปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นข้อมูลในการประชุม หา แนวทางแก้ไข
3. ระยะการวิเคราะห์ หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)	- นำข้อมูลทางสถิติที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนเพื่อหาสาเหตุของปัญหาแต่ละปัญหา และร่วมมือกันในการแก้ไขปัญหา - ลำดับความสำคัญของแต่ละปัญหาจากหลักการของพาเรโต(Pareto) - สรุปแนวทางที่จะใช้ในการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดโอกาสในการเกิดของเสียให้น้อยที่สุด

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาทั้ง 7 ขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว โดยแสดงเป็นผังการดำเนินงานการศึกษา และรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานการศึกษา (ต่อ)

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขปัญหา (Improve Phase)	- นำแนวทางในการแก้ไขประชุมร่วมกับคณะทำงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปปฏิบัติจริง - ดำเนินการทดลองใช้แนวทางปรับปรุง หรือปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรภายใต้ระยะเวลางานศึกษา - ทำการวัดผลหลังจากการปรับปรุงแก้ไข
5. ระยะการตรวจติดตามควบคุม และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control Phase)	- ร่วมกันพิจารณากระบวนการผลิต และติดตามการดำเนินงาน เพื่อรักษาสภาพหลังการปรับปรุง - ประชุมเพื่อสรุปผล และนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปใช้ในระยะยาว - จัดทำคู่มือการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น คู่มือซ่อมบำรุง เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้รวดเร็ว และแม่นยำยิ่งขึ้น
6. สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ	- ข้อมูลของเสียที่ลดลง - ต้นทุนวัตถุดิบที่ลดลงหลังจากปรับปรุง - เพิ่มเติมข้อเสนอแนะ

บทที่ 4

ผลการศึกษา และปรับปรุงการทำงาน

ในส่วนของบทนี้ กล่าวถึงผลการศึกษา รายละเอียดของขั้นตอนการทำงาน ระยะเวลาของการทำงาน ซึ่งเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์สภาพปัญหา ตลอดจนถึงเริ่มการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข และสรุปผลการวิจัย

4.1 การดำเนินธุรกิจ และภาพรวมของกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่ให้บริหารผลิตชิ้นงานต้นแบบพลาสติกจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยมีการจัดโครงสร้างขององค์กรเป็น 4 ฝ่าย คือ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายขาย ฝ่ายผลิต และฝ่ายการเงิน

มีขั้นตอนกระบวนการผลิตชิ้นงานจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ดังนี้

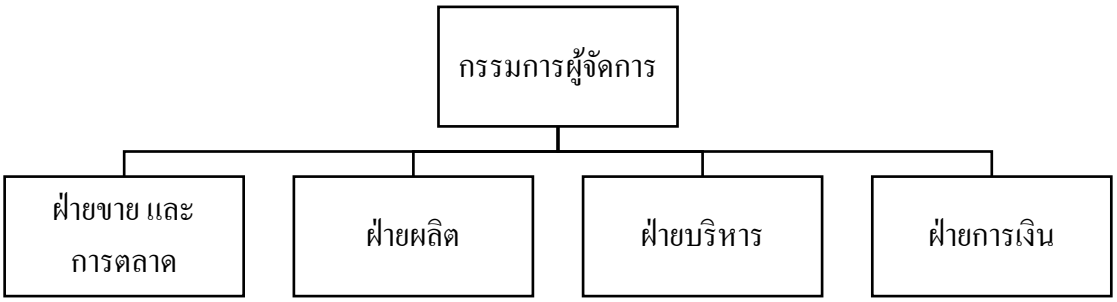
1. ฝ่ายขาย : ติดต่อประสานงานรับคำสั่งผลิตชิ้นงานจากลูกค้า
2. ฝ่ายผลิต : ออกแบบชิ้นงาน และวางแบบชิ้นงานในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot)
3. ฝ่ายผลิต : ดำเนินการผลิตโดยขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติจนเสร็จการผลิต
4. ฝ่ายผลิต : ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน และตบแต่งเก็บรายละเอียดชิ้นงานพลาสติก
5. ซ่อมบำรุง : บำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

กระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบพลาสติก จะแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็นขั้นตอนกระบวนการดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยมีกระบวนการผลิตตั้งแต่การติดต่อรับคำสั่งผลิตจากลูกค้าจนจบกระบวนการส่งมอบชิ้นงานให้ลูกค้า

4.1.1 การดำเนินธุรกิจ และภาพรวมของการผลิต

ภาพที่ 4.1 แสดงถึงโครงสร้างการบริหารงานภายในบริษัทกรณีศึกษา ที่มีการแบ่งงานออกเป็นฝ่ายต่างๆ ตามหน้าที่การทำงาน ดังนี้

แผนผังโครงสร้างการบริหาร

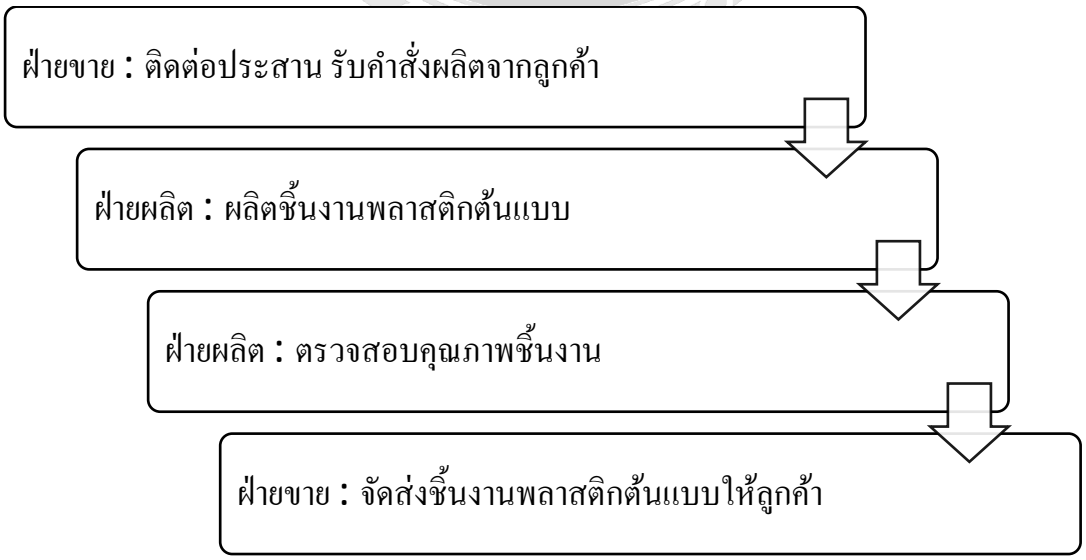


ภาพที่ 4.1 โครงสร้างการบริหาร

ฝ่ายขายมีหน้าที่ประสานรายละเอียด และข้อแม้ต่างๆ ถึงความต้องการในการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากลูกค้า เช่น ลูกค้ามีข้อมูลดิจิตอลงานต้นแบบเป็น 3 มิติ หรือไม่ , ต้องการงานต้นแบบจากพลาสติกชนิด สี , ราคา และระยะเวลาในการผลิต

ฝ่ายผลิตรับคำสั่งผลิตจากฝ่ายขาย นำข้อมูลดิจิตอลงานต้นแบบ 3 มิติ เข้าโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) เพื่อทำการปรับตั้งค่าต่างๆ ในการทำงานของเครื่องพิมพ์ และเตรียมเครื่องพิมพ์ พร้อมวัตถุดิบเส้นพลาสติก ก่อนขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติก หลังเริ่มการทำงานเครื่องพิมพ์ต้องควบคุมดูแลการทำงานของเครื่องพิมพ์ให้ทำงานจนจบกระบวนการ

หลังจากเสร็จกระบวนการผลิต เข้าสู่การตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน และตบแต่งเก็บรายละเอียดของชิ้นงานพลาสติกให้เข้ารูป และจัดส่งชิ้นงานให้แก่ลูกค้า

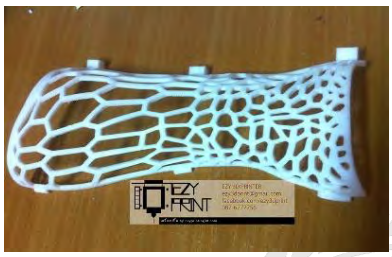
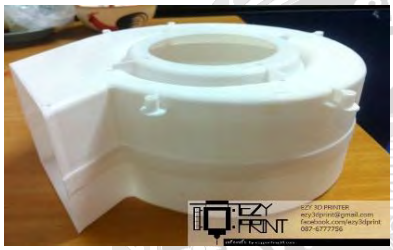
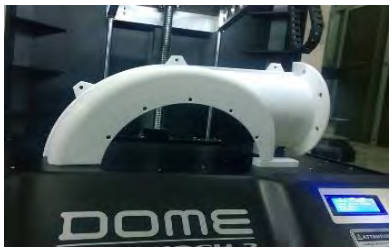


ภาพที่ 4.2 กระบวนการการผลิตชิ้นงานต้นแบบพลาสติก

4.1.2 ชิ้นงานต้นแบบต่างๆ แบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่ผลิต

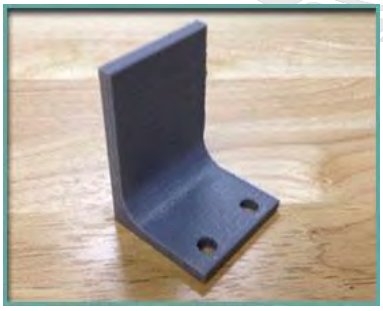
ตารางที่ 4.1 แสดงผลิตภัณฑ์รูปทรงต่างๆ ที่บริษัทรับบริการผลิตให้แก่ลูกค้าตามคำสั่งซื้อ โดยจำแนกออกเป็นชนิดๆตามวัตถุดิบเส้นพลาสติกที่ใช้ผลิต ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบ

ลำดับ	รูปภาพ	ลักษณะคุณสมบัติ
1.	  	- ผลิตจากวัสดุเส้นพลาสติกชนิด PLA - มีอัตราการหดตัวต่ำ ชิ้นงานไม่หดหรือโก่งงอ เหมาะสำหรับทำชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่หรือต้องการความแม่นยำสูง - ชิ้นงานพิมพ์มีสีสด เก็บรายละเอียดได้คมชัด - อุณหภูมิหัวฉีด 200-210 °C - อุณหภูมิฐานพิมพ์ 60-70 °C หรือไม่ต้องมี

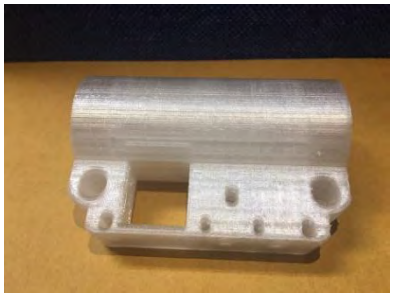
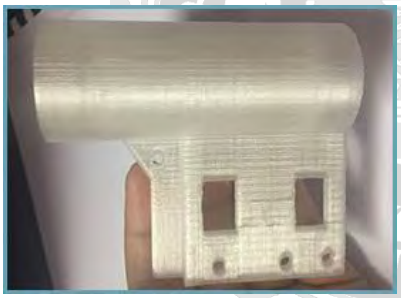
ตารางที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบ (ต่อ)

<table>
<tr>
<td>2.</td>
<td>


</td>
<td>
- ผลิตจากวัสดุเส้นพลาสติก ABS
- มีความแข็งแรงทนทานสูง รับแรงกระแทกได้ เหมาะสำหรับทำชิ้นงานต้นแบบหรือชิ้นส่วนที่ใช้งานจริง
- ทนอุณหภูมิได้สูงถึง 100 C สามารถใช้งานในสภาพความร้อนสูงโดยชิ้นงานไม่เสียรูปทรง
- ชิ้นงาน ABS สามารถนำไปขัดผิวด้วยกระดาษทราย อบผิวให้เรียบด้วย Acetone ทำให้ผิวมีความมันเงา
- อุณหภูมิหัวฉีด 230-240 °C
- อุณหภูมิฐานพิมพ์ 100-110 °C

</td>
</tr>
</table>

ตารางที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบ (ต่อ)

3.		- ผลิตจากวัสดุเส้นพลาสติก PETG หรือ T-glass (tough glass) - ทนทานต่อแรงกระแทก มีความเหนียวและยืดหยุ่นพอๆ กับ ABS - มีการหดตัวต่ำ เหมาะสำหรับพิมพ์ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ๆ เช่น โมเดลสถาปัตยกรรม ชิ้นส่วนโครงสร้าง ชิ้นส่วนเครื่องจักร - อุณหภูมิหัวฉีด 230-240 °C - อุณหภูมิฐานพิมพ์ 100-110 °C
		

ตารางที่ 4.1 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบ (ต่อ)

<table>
<tr>
<td rowspan="3">4.</td>
<td> </td>
<td rowspan="3">- ผลิตจากวัสดุ Carbon Fiber + PLA เส้นใยคาร์บอน 15%
- พิมพ์ง่ายเหมือน PLA
- มีความแข็งกว่า PLA ทั่วไปถึงสองเท่า ต้านทานแรงบิดงอได้ดี
- พลาสติกไม่หดตัวขณะพิมพ์ ชิ้นงานมีขนาดแม่นยำ
- อุณหภูมิหัวฉีด 200-240 °C
- อุณหภูมิฐานพิมพ์ 60-70 °C หรือไม่ต้องมี
 </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
</tr>
</table>

4.2 สภาพปัญหาของเสียจากการผลิตในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา

จากการที่ได้วิเคราะห์ข้อมูลของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ตามเครื่องมือ 7 QCTools สามารถจำแนกลักษณะการเกิดความเสียหายได้ 2 ลักษณะ คือ

1. ของเสียเกิดจากการทำงานที่ผิดพลาดของตัวเครื่องจักร
2. ของเสียเกิดจากการขาดประสบการณ์ของมนุษย์

4.2.1 ของเสียเกิดจากการทำงานที่ผิดพลาดของตัวเครื่องจักร

การที่เครื่องจักรทำงานผิดพลาด ผิดจังหวะ และเกิดการขัดข้องระหว่างการทำงานนั้น สามารถแยกสาเหตุการผิดพลาดออกได้ 2 ลักษณะดังนี้

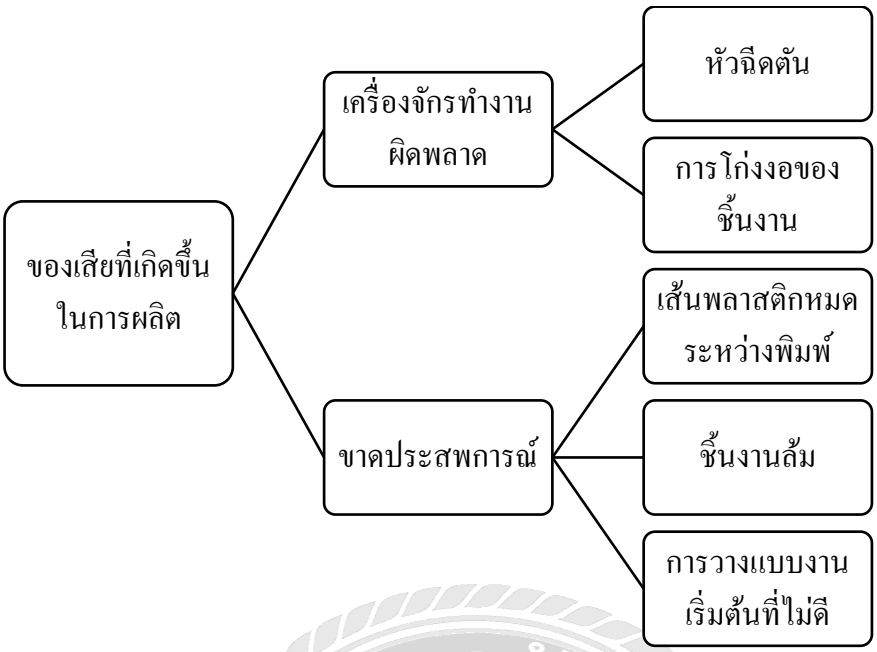
1. หัวฉีดตัน
2. การโก่งงอของตัวงาน

4.2.2 ของเสียเกิดจากการขาดประสบการณ์ของมนุษย์

ของเสียเกิดที่เกิดจากการขาดประสบการณ์ของมนุษย์นั้นเกิดจากการขาดทักษะประสบการณ์ในการวางแผนการผลิต และการวางแบบงานก่อนส่งไปให้ฝ่ายผลิต ของเสียจากเหตุการณ์นี้สามารถแยกออกได้ 3 ลักษณะดังนี้

1. เส้นวัสดุหมดระหว่างพิมพ์
2. ชิ้นงานล้ม
3. การวางแบบงานก่อนเริ่มการทำงานที่ไม่ดี

จากภาพที่ 4.3 เป็นแผนภาพแสดงการจำแนกลักษณะอาการต่างๆ ของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ที่ทำให้ชิ้นงานที่พิมพ์แล้วเสียหาย โดยแบ่งตามลักษณะการเกิดความเสียหาย และแบ่งตามสาเหตุของความผิดพลาด



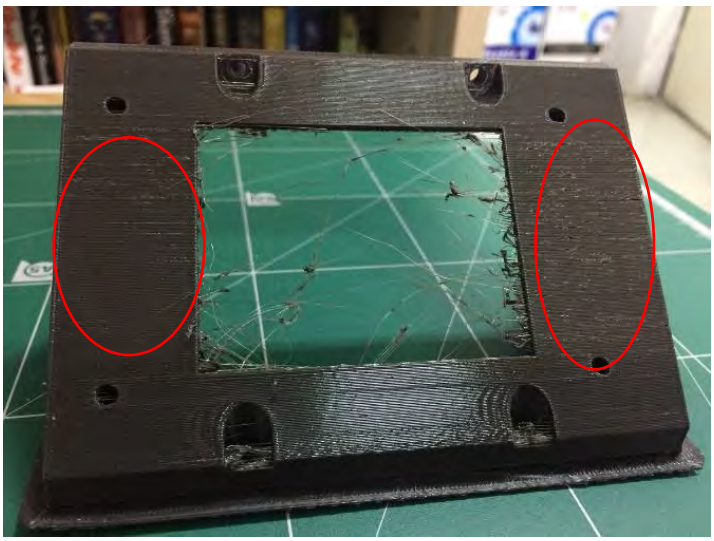
ภาพที่ 4.3 การจำแนกลักษณะอาการที่ทำให้ชิ้นงานเสีย

ภาพที่ 4.4 – 4.10 แสดงลักษณะของเสียในรูปแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยเป็นการแบ่งออกตามลักษณะอาการของเสียที่เกิดขึ้น ดังนี้

1. หัวฉีดตัน

การที่เครื่องจักรเกิดอาการหัวฉีดพลาสติกตันในระหว่างการพิมพ์ ทำให้ชิ้นงานนั้นชำรุด เกิดความเสียหายพิมพ์งานไม่สำเร็จ จึงทำให้เกิดของเสีย และเสียเวลาในการผลิต

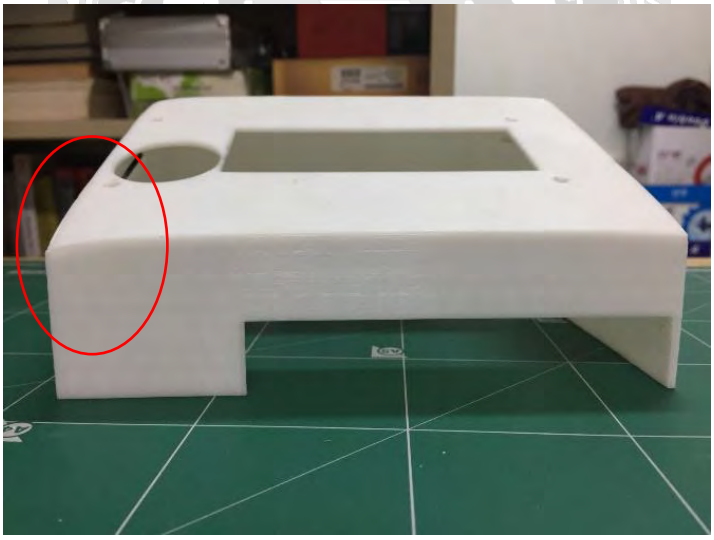
ภาพที่ 4.4 งานที่หัวฉีดตัน 100%



ภาพที่ 4.5 งานที่หัวฉีดตันบางส่วน

2. การโก่งงอของชิ้นงาน

การโก่งงอตัว บิดตัวของชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานที่พิมพ์เกิดการเสียรูป ทำให้ชิ้นงานไม่ได้ตามขนาดที่กำหนดไว้ เกิดความเสียหาย จึงทำให้เกิดของเสีย และเสียเวลา



ภาพที่ 4.6 การโก่งงอตัวของชิ้นงาน

ภาพที่ 4.7 การโก่งงอตัวของชิ้นงาน

3. เส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์

การที่เส้นพลาสติกซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักเกิดหมดระหว่างการพิมพ์ ทำให้ชิ้นงานนั้นชำรุด เกิดความเสียหายพิมพ์งานไม่สำเร็จ จึงทำให้เกิดของเสีย และเสียเวลาในการผลิต

ภาพที่ 4.8 เส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์

4. ชิ้นงานล้ม

การพิมพ์ชิ้นงานไปแล้ว ระหว่างพิมพ์หัวฉีดเกิดชน หรือเกี่ยวกับชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานล้ม ชำรุด จึงเกิดความเสียหายพิมพ์งานไม่สำเร็จ เกิดของเสีย และเสียเวลาในการผลิต

ภาพที่ 4.9 ชิ้นงานล้ม

5. การวางแบบชิ้นงานไม่ดี

การพิมพ์งานจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ในการขึ้นรูปชิ้นงานจะมีการสร้างตัวค้ำยันชิ้นงาน(Support) รองรับตัวชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานให้สามารถตั้งคงสภาพไว้ระหว่างพิมพ์ ในกรณีมีการวางแบบชิ้นงานที่ไม่ดี จะทำให้เกิดการสร้างตัวค้ำยันชิ้นงานมาก เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการตบแต่งชิ้นงานหลังพิมพ์เสร็จ เป็นการเสียเวลาในการผลิต อีกทั้งการวางแบบชิ้นงานในตำแหน่ง หรือมุมเอียงองศาที่พอเหมาะ จะทำให้คุณภาพชิ้นงานดีกว่าการวางแบบธรรมดา

ภาพที่ 4.10 การวางแบบชิ้นงานไม่ดี

จากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ทำให้มีปริมาณการใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกสูงขึ้น และส่งผลให้ต้นทุนในการการผลิตต่อเดือนเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ตามตารางที่ 4.2

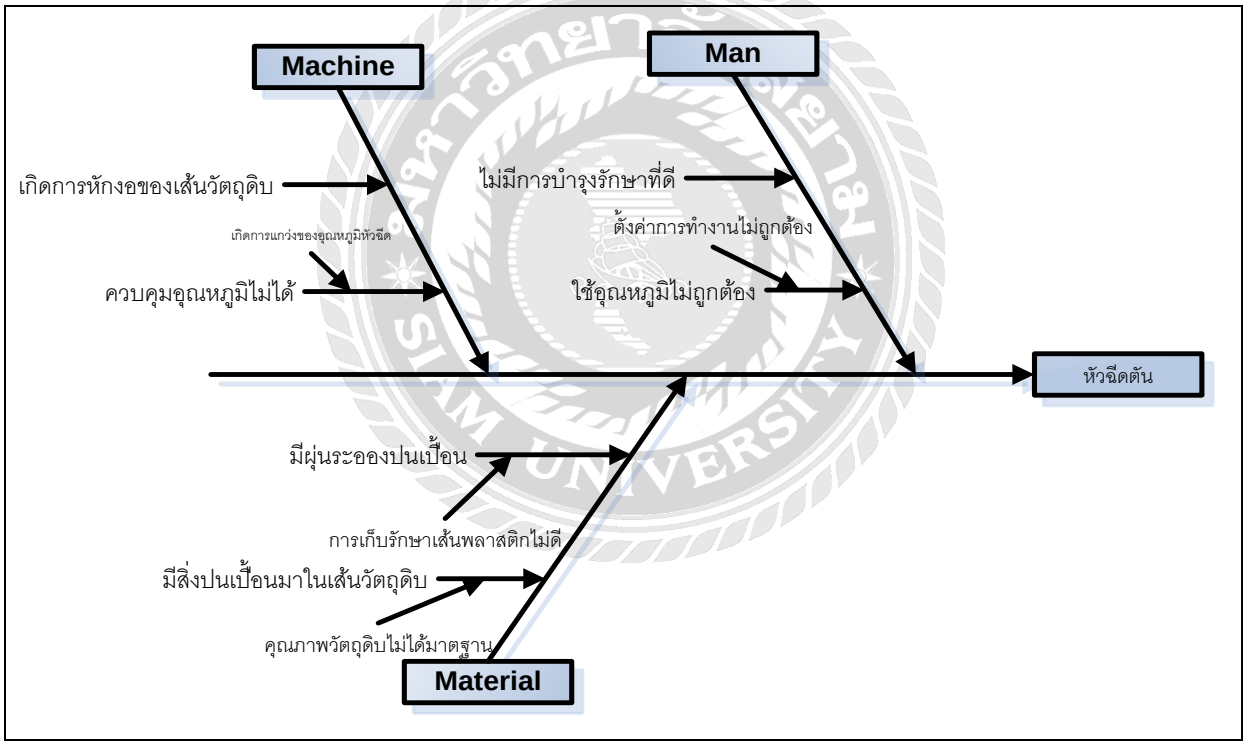
ตารางที่ 4.2 ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก ระหว่างเดือน ก.ค. – ธ.ค. 2559

พ.ศ.2559/เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	เฉลี่ย/เดือน
วัตถุดิบ/บาท	28,143	29,170	17,917	7,784	5,960	10,029	81,086	13,514

4.3 การวิเคราะห์สาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นจากแผนผังก้างปลา

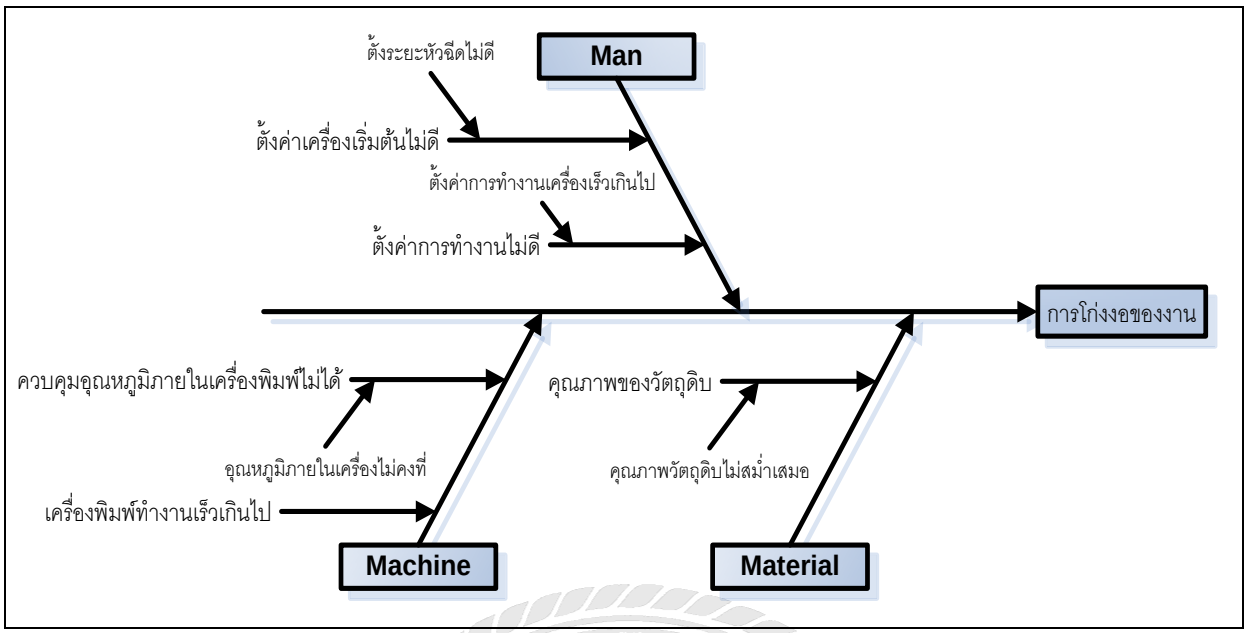
จากปัญหาของเสียข้างต้นที่กล่าวมานั้น ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยมีกระบวนการศึกษาวิเคราะห์โดยแผงก้างปลา ภาพที่ 4.11 – 4.15 แสดงให้เห็นถึงมูลเหตุของการเกิดของเสียในลักษณะต่างๆ ทั้ง 5 ลักษณะ ดังนี้

1. ของเสียเกิดจากหัวฉีดตัน



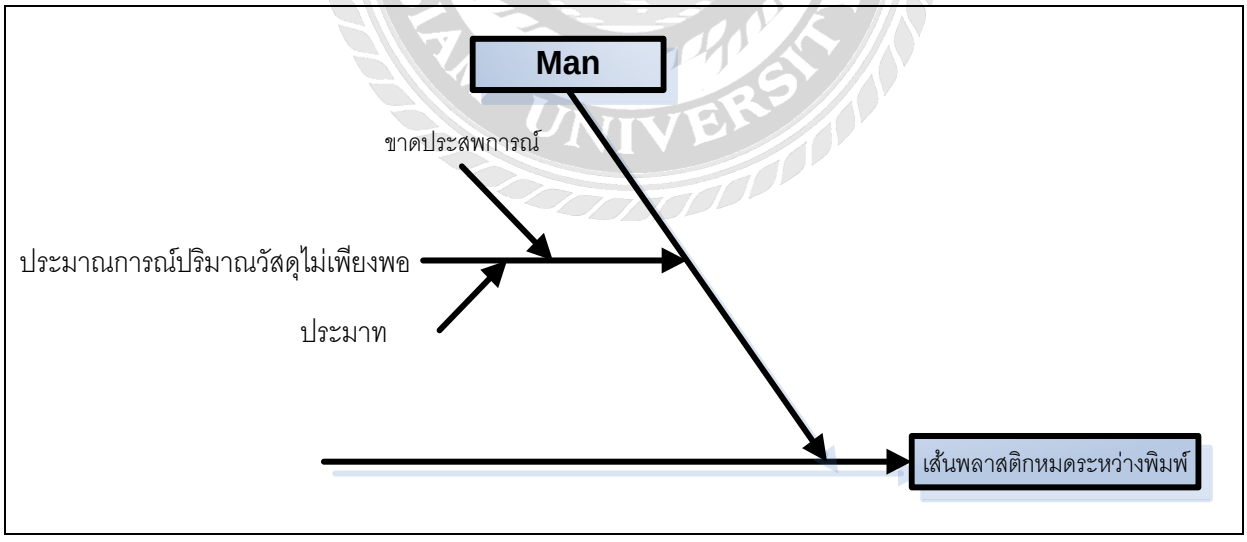
ภาพที่ 4.11 สาเหตุที่หัวฉีดตัน ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย

2. ของเสียเกิดจากการโก่งตัวของงาน



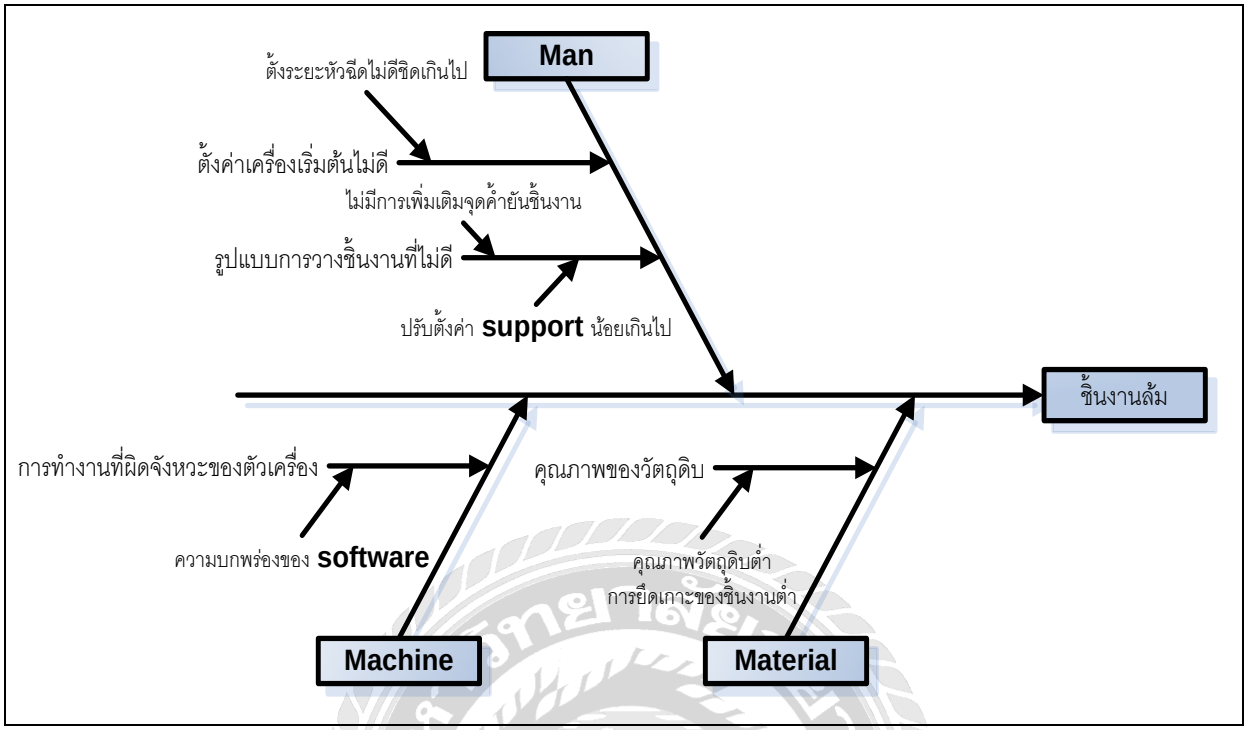
ภาพที่ 4.12 สาเหตุการโก่งงของงาน ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย

3. ของเสียเกิดจากเส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์



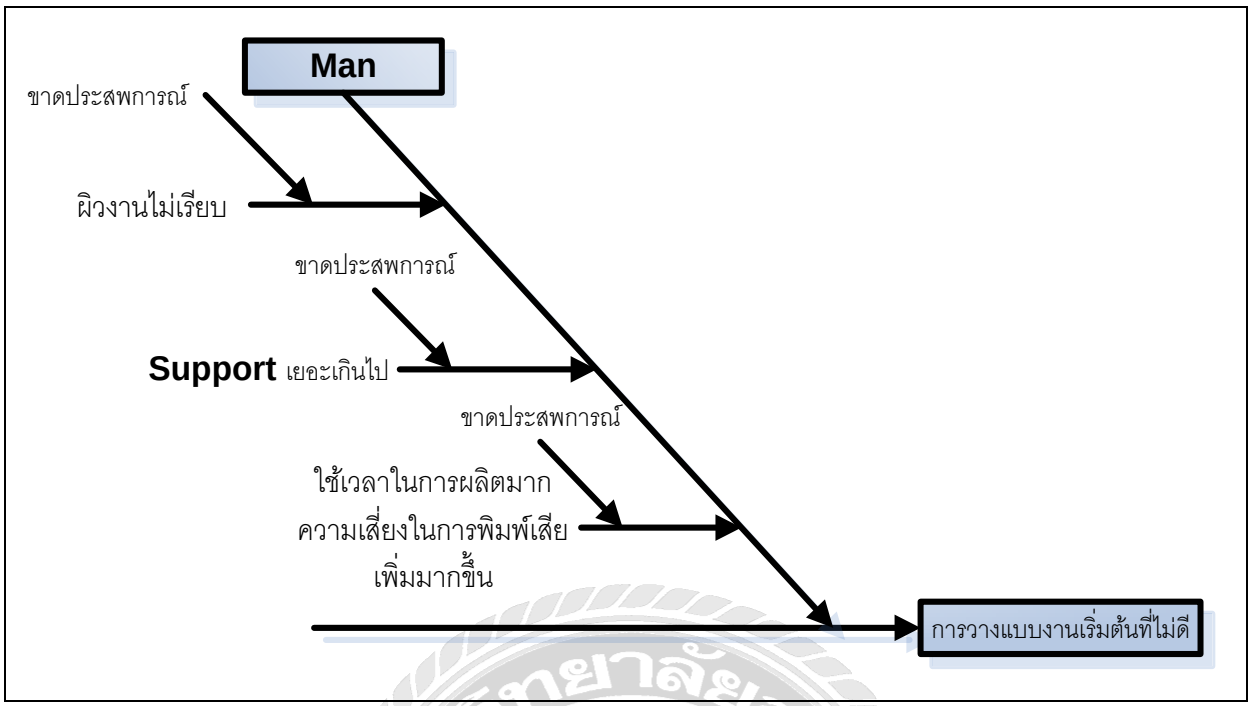
ภาพที่ 4.13 สาเหตุเส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์ ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย

4. ของเสียเกิดจากชิ้นงานล้ม



ภาพที่ 4.14 สาเหตุที่ชิ้นงานล้ม ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย

5. ของเสียเกิดจากการวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี



ภาพที่ 4.15 การวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี ทำให้ผลิตชิ้นงานเสีย และคุณภาพต่ำ

โดยสามารถจำแนกปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต และสาเหตุรวมที่ทำให้เกิดของเสีย นำมาวิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น กำหนดเป็นมาตรการต่างๆ เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นให้ลดลง ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.3 สาเหตุการเกิดของเสีย และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

ลักษณะอาการ	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไขเบื้องต้น	หมายเหตุ
หัวฉีดตัน	เกิดการหักงอของเส้นวัตถุดิบ	เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิต (Supplier) ที่น่าเชื่อถือ	
	ไม่มีการบำรุงรักษา	ต้องมีการตรวจเช็ค ทำการเปลี่ยนหัวฉีดเมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม.	จัดทำคู่มือบำรุงรักษาประจำเครื่อง
	ไม่มีการบำรุงรักษา	ตรวจสอบค่ามาตรฐานอุณหภูมิของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่ใช้จากผู้ผลิต และเลือกใช้อุณหภูมิ	

		หัวฉีดให้พอเหมาะกับค่ามาตรฐานนั้นๆ	
	ฝุ่นระอองปนเปื้อนวัตถุดิบ	หลังจากเลิกทำการผลิตชิ้นงานแล้ว ต้องถอดวัตถุดิบออกจากตัวเครื่องทุกครั้ง และนำไปเก็บในตู้เก็บวัตถุดิบ	
	คุณภาพวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ	

ตารางที่ 4.3 สาเหตุการเกิดของเสีย และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น (ต่อ)

การโก่งงอของงาน	การตั้งค่าเครื่องก่อนเริ่มทำงานที่ไม่ดี	ก่อนทำการผลิต ต้องมีการตั้งค่าระยะห่างระหว่างหัวฉีด-ฐานเครื่องพิมพ์ ให้ได้ระยะที่กำหนดทุกครั้ง	
	ควบคุมอุณหภูมิการทำงานของเครื่องไม่ได้	ต้องมีการตรวจเช็คการทำงานของตัววัดอุณหภูมิหัวฉีด ไม่ให้เกินค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานทุกๆ 200 ชั่วโมงการทำงาน	จัดทำคู่มือบำรุงรักษาประจำเครื่อง
	ตั้งค่าระหว่างการทำงานของเครื่องได้ไม่ดี	เมื่อการผลิตที่มีการทำงานต่อเนื่อง 12 ชั่วโมงขึ้นไป/1ชิ้นงาน ต้องลดความเร็วการทำงานของเครื่องลง 30%	
	คุณภาพวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติก	

		จาก ผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ	
เส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์	ปริมาณวัสดุไม่เพียงพอ	หลังจากโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ได้คำนวณเวลา และปริมาณน้ำหนักวัสดุในการผลิตออกมาแล้ว พนักงานต้องทำการเตรียมวัสดุให้เพียงพอก่อนการพิมพ์โดยการชั่งน้ำหนักวัสดุให้เพียงพอทุกครั้งก่อนเริ่มการผลิต	
		เมื่อการผลิตดำเนินไปถึง 90% ต้องมีการตรวจเช็คปริมาณวัสดุอย่างสม่ำเสมอ ทุก 15 นาที	

ตารางที่ 4.3 สาเหตุการเกิดของเสีย และแนวทางการแก้ไขปัญหาเบื้องต้น (ต่อ)

ชิ้นงานล้ม	การตั้งค่าเครื่องก่อนเริ่มทำงานที่ไม่ดี	ก่อนทำการผลิต ต้องมีการตั้งค่าระยะห่างระหว่างหัวฉีด-ฐานเครื่องพิมพ์ ให้ได้ระยะที่กำหนดทุกครั้ง	
	รูปแบบการวางชิ้นงานที่ไม่ดี	ปรับแต่งเสริมจุดค้ำยันชิ้นงานภายในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ เพื่อให้ชิ้นงานมีความมั่นคงแข็งแรงกว่าเดิม	ต้องเป็นไปตามหลักวิศวกรรมพื้นฐาน
	การทำงานที่ผิดจังหวะของเครื่องจักร	ต้องมีการตรวจเช็คความตึงสายพานและหยอดจารบีตามจุดเคลื่อนไหวต่างๆ ทุกๆ 200 ชั่วโมงการทำงาน	จัดทำคู่มือบำรุงรักษาประจำเครื่อง
	คุณภาพวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน	เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจาก	

		ผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ	
การวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี	การวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี	การวางแบบชิ้นงานในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ ต้องวางชิ้นงานให้เอียงทำมุม 5 - 29 องศา	ต้องมีการวางโครงสร้างการค้ำยันเพิ่มเติม

มหาวิทยาลัยเกษตร KASETSART UNIVERSITY

4.4 แนวทางการแก้ไข และแนวทางป้องกัน

จากการศึกษาปัญหา สาเหตุของการเกิดของเสียในลักษณะต่างๆ สรุปแยกเป็นสาเหตุและแนวทางแก้ไข กำหนดเป็นแนวทางการป้องกันได้ดังต่อไปนี้

4.4.1 ของเสียจากหัวฉีดตัน

ของเสียจากการที่หัวฉีดของเครื่องพิมพ์ 3 มิติตัน มีสาเหตุดังนี้

1. พนักงานขาดความรู้ ความสามารถ ในการเลือกใช้อุณหภูมิการทำงานของหัวฉีดให้เหมาะสมกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้
2. ขาดการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักร เนื่องจากไม่ทราบถึงระยะเวลาการเสื่อมสภาพหัวฉีด
3. ขาดการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักร ทำให้อุณหภูมิของตัววัดอุณหภูมิหัวฉีด (Temp Sensor) เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4. เกิดการหักงอ หรือบิดงอของเส้นวัตถุดิบระหว่างการป้อนลงเครื่องจักร
5. มีฝุ่นละอองปนเปื้อนในวัตถุดิบ

6. คุณภาพของวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน

แนวทางการแก้ไขไม่ให้เกิดของเสียจากการที่หัวฉีดของเครื่องพิมพ์ 3 มิติตัน มีดังนี้

1. อบรมพนักงานให้รู้ถึงคุณสมบัติของวัตถุดิบชนิดต่างๆ และเลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ ซึ่งแต่ละที่คุณสมบัติจะต่างกันออกไปพนักงานต้องเข้าใจวัตถุดิบชนิดไหนต้องใช้อุณหภูมิหัวฉีดในการทำงานเท่าไหร่
2. บำรุงรักษาโดยทำการเปลี่ยนหัวฉีดเมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม.
3. ตรวจเช็คการทำงานของตัววัดอุณหภูมิหัวฉีดไม่ให้เกินค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม.
4. หลังจากเลิกทำการผลิตแล้ว ต้องถอดวัตถุดิบออกจากตัวเครื่องทุกครั้งและนำไปเก็บในตู้เก็บวัตถุดิบ

แนวทางป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากการที่หัวฉีดของเครื่องพิมพ์ 3 มิติตัน มีดังนี้

1. จัดทำตารางคู่มือการบำรุงรักษาประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
2. ต้องมีการตรวจสอบเครื่องจักรก่อนเลิกงานเสมอว่าปิดระบบ และถอดวัตถุดิบเก็บแล้วหรือไม่
3. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ

4.4.2 ของเสียจากการโก่งงอของชิ้นงาน

ของเสียจากการโก่งงอของชิ้นงานต้นแบบ มีสาเหตุดังนี้

1. ไม่มีตรวจเช็ค และปรับตั้งระยะห่างหัวฉีดกับฐานเครื่องจักรก่อนเริ่มการทำงาน
2. การปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักรภายในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ที่ไม่เหมาะสม เครื่องจักรทำงานเร็วเกินไป
3. ขาดการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักร ทำให้อุณหภูมิตัววัดอุณหภูมิหัวฉีดไม่ให้เกินค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4. คุณภาพของวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน

แนวทางการแก้ไขไม่ให้เกิดของเสียจากการโก่งงอของชิ้นงานต้นแบบ มีดังนี้

1. ก่อนเริ่มเดินเครื่องจักร ต้องมีการปรับตั้งระยะห่างหัวฉีดกับฐานเครื่องจักรก่อนเริ่มการทำงานทุกครั้ง
2. อบรมพนักงานให้รู้ถึงคุณสมบัติของวัตถุดิบชนิดต่างๆ เพื่อที่ปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักรภายในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ให้เหมาะสม เช่น การเปิด-ปิดพัดลม การเปิด-ปิดฐานความร้อน ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร
3. ตรวจเช็คการทำงานของอุณหภูมิตัววัดอุณหภูมิหัวฉีดไม่ให้เกินค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม.
4. การผลิตที่มีการทำงานต่อเนื่อง 12 ชั่วโมงขึ้นไป/1 ชิ้นงาน ต้องลดความเร็วการทำงานของเครื่องลง 30%
5. เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ

แนวทางการป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากการโก่งงอของชิ้นงานต้นแบบ มีดังนี้

1. จัดทำตารางคู่มือการบำรุงรักษาประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
2. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ละตัวอย่างสม่ำเสมอ
3. ต้องมีการสุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะๆ

4.4.3 ของเสียเกิดจากเส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์

ของเสียที่เกิดจากเส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์มีสาเหตุมากจากการเตรียมปริมาณวัสดุไม่เพียงพอต่อการผลิต 1 ครั้ง ก่อนเริ่มการทำงานของเครื่องจักร

แนวทางการแก้ไขไม่ให้เกิดของเสียจากเส้นสติกหมดระหว่างพิมพ์ มีดังนี้

1. อบรมพนักงานให้มีความรู้ความชำนาญในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) โดยหลังโปรแกรมได้คำนวณเวลา และปริมาณน้ำหนักวัสดุในการผลิตออกมาแล้ว พนักงานต้องทำการเตรียมวัสดุให้เพียงพอก่อนการพิมพ์ โดยการชั่งน้ำหนักวัสดุให้เพียงพอทุกครั้งก่อนเริ่มการผลิต

2. เมื่อการผลิตดำเนินไปถึง 90% แล้ว พนักงานต้องมีการตรวจเช็คปริมาณวัสดุที่เหลือภายในเครื่องอย่างสม่ำเสมอ ทุก 15 นาที
3. ในกรณีที่วัสดุหมดระหว่างพิมพ์ให้รีบแจ้งหัวหน้า เพื่อวางแผนทำการเติมวัสดุเพิ่ม

แนวทางป้องกันไม่ให้เกิดของเสียจากเส้นสติกหมดระหว่างพิมพ์ มีดังนี้

1. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ
2. ต้องมีเดินตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรเป็นระยะๆ
3. ต้องมีการสุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะ

4.4.4 ของเสียเกิดจากชิ้นงานล้ม

ของเสียจากการที่ชิ้นงานต้นแบบล้ม มีสาเหตุดังนี้

1. ไม่มีตรวจเช็ค และปรับตั้งระยะห่างหัวฉีดกับฐานเครื่องจักรก่อนเริ่มการทำงาน
2. การปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักรภายในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ที่ไม่เหมาะสม
3. ขาดการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักร ทำให้เกิดการทำงานที่ผิดจังหวะ
4. คุณภาพของวัตถุดิบไม่ได้มาตรฐาน

แนวทางการแก้ไขไม่ให้ชิ้นงานต้นแบบล้ม มีดังนี้

1. ก่อนเริ่มเดินเครื่องจักร ต้องมีการปรับตั้งระยะห่างหัวฉีดกับฐานเครื่องจักรก่อนเริ่มการทำงานทุกครั้ง
2. อบรมพนักงานให้มีความรู้ความชำนาญในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ด้านการเพิ่มเติมส่วนค้ำยันชิ้นงาน และการสร้างโครงสร้างการค้ำยันชิ้นงาน (Support) เพิ่มเติม เพื่อให้ชิ้นงานมีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้นตามพื้นฐานหลักวิศวกรรม
3. บำรุงรักษา ตรวจเช็คความตึงของสายพาน และหยอดจารบีตามจุดเคลื่อนไหวต่างๆ เมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม.
4. เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ

แนวทางป้องกันไม่ให้ชิ้นงานต้นแบบล้ม มีดังนี้

1. จัดทำตารางคู่มือการบำรุงรักษาประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง
2. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ

3. ต้องมีการสุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะๆ

4.4.5 ของเสียเกิดจากการวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี

ของเสียที่เกิดจากการวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี มีสาเหตุมาจากการปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักรภายในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ที่ไม่เหมาะสม

แนวทางการแก้ไขไม่ให้ชิ้นงานต้นแบบเสียจากการวางแบบเริ่มต้นที่ไม่ดี โดยอบรมพนักงานให้มีความรู้ความชำนาญในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์(Maker Bot) ในด้านลักษณะการวางแบบชิ้นงาน มุมองศาการวางชิ้นงานให้เอียงทำมุม 5 - 29 องศา จากนั้นเพิ่มเติมส่วนค้ำยันชิ้นงาน และการสร้างโครงสร้างการค้ำยันชิ้นงาน (Support) เพิ่มเติม เพื่อให้ชิ้นงานมีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้น ตามพื้นฐานหลักวิศวกรรม

แนวทางป้องกันไม่ให้ชิ้นงานต้นแบบเสียจากการวางแบบเริ่มต้นที่ไม่ดี มีดังนี้

1. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ
2. สุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะๆ

ตารางที่ 4.4 สรุปแนวทางการแก้ไข และแนวทางป้องกัน

อาการของเสียที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไข	แนวทางป้องกัน
1. หัวฉีดตัน	1. อบรมพนักงานให้รู้ถึงคุณสมบัติของวัตถุดิบชนิดต่างๆ และเลือกใช้วัตถุดิบชนิดไหนต้องใช้อุณหภูมิหัวฉีดในการทำงานเท่าไหร่ 2. บำรุงรักษาโดยทำการเปลี่ยนหัวฉีดเมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม. 3. ตรวจเช็คการทำงานของตัววัดอุณหภูมิหัวฉีดไม่ให้เกินค่าเบี่ยงเบน	1. จัดทำตารางคู่มือการบำรุงรักษาประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง 2. ต้องมีการตรวจสอบสอบเครื่องจักรก่อนเลิกงานเสมอว่าปิดระบบ และถอดวัตถุดิบเก็บแล้วหรือไม่ 3. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ

	มาตรฐานเมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม. 4. หลังจากเลิกทำการผลิตแล้ว ต้องถอดวัตถุดิบออกจากตัวเครื่องทุกครั้งและนำไปเก็บในตู้เก็บวัตถุดิบ	
2. ของเสียจากการโก่งงอของชิ้นงาน	1. ก่อนเริ่มเดินเครื่องจักร ต้องมีการปรับตั้งระยะห่างหัวฉีดกับฐานเครื่องจักรก่อนเริ่มการทำงานทุกครั้ง 2. อบรมพนักงานให้รู้ถึงคุณสมบัติของวัตถุดิบชนิดต่างๆ เพื่อที่ปรับตั้งค่าการทำงานของเครื่องจักรภายในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) ให้เหมาะสม เช่น การเปิด-ปิดพัดลม การเปิด-ปิดฐานความร้อน ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร	1. จัดทำตารางคู่มือการบำรุงรักษาประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง 2. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ละตัวอย่างสม่ำเสมอ 3. ต้องมีการสุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะๆ

ตารางที่ 4.4 สรุปแนวทางการแก้ไข และแนวทางป้องกัน (ต่อ)

	3. ตรวจเช็คการทำงานของอุณหภูมิตัววัดอุณหภูมิหัวฉีดไม่ให้เกินค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม. 4. การผลิตที่มีการทำงานต่อเนื่อง 12 ชั่วโมงขึ้นไป/1 ชิ้นงาน ต้องลดความเร็วการทำงานของเครื่องลง 30% 5. เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ	
3. ของเสียเกิดจาก	1. อบรมพนักงานให้มีความรู้ความ	1. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ

เส้นพลาสติกหมดระหว่างพิมพ์	ชำนาญในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์ (Maker Bot) โดยหลังโปรแกรมได้คำนวณเวลา พนักงานต้องทำการเตรียมวัสดุให้เพียงพอก่อนการพิมพ์ โดยการชั่งน้ำหนักวัสดุให้เพียงพอทุกครั้งก่อนเริ่มการผลิต 2. เมื่อการผลิตดำเนินไปถึง 90% แล้ว พนักงานต้องมีการตรวจเช็คปริมาณวัสดุที่เหลือภายในเครื่องอย่างสม่ำเสมอ ทุก 15 นาที 3. ในกรณีที่วัสดุหมดระหว่างพิมพ์ ให้รีบแจ้งหัวหน้า เพื่อวางแผนทำการเติมวัสดุเพิ่ม	งานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ 2. ต้องมีเดินตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรเป็นระยะๆ 3. ต้องมีการสุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะ

ตารางที่ 4.4 สรุปแนวทางการแก้ไข และแนวทางป้องกัน (ต่อ)

4. ของเสียเกิดจากชิ้นงานล้ม	1. ก่อนเริ่มเดินเครื่องจักร ต้องมีการปรับตั้งระยะห่างหัวฉีดกับฐานเครื่องจักรก่อนเริ่มการทำงานทุกครั้ง 2. อบรมพนักงานให้มีความรู้ความชำนาญในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์(Maker Bot) ด้านการเพิ่มเติมส่วนค้ำยันชิ้นงาน และการสร้างโครงสร้างการค้ำยันชิ้นงาน (Support) เพิ่มเติม เพื่อให้ชิ้นงานมีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้น	1. จัดทำตารางคู่มือการบำรุงรักษาประจำเครื่องจักรแต่ละเครื่อง 2. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ 3. ต้องมีการสุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะๆ

	ตามพื้นฐานหลักวิศวกรรม 3. บำรุงรักษา ตรวจเช็คความตึงของสายพาน และหยอดจารบีตามจุดเคลื่อนไหวต่างๆ เมื่อชั่วโมงการทำงานเครื่องพิมพ์ครบ 200 ชม. เลือกใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกจากผู้ผลิตที่น่าเชื่อถือ	
5. ของเสียเกิดจากการวางแบบงานเริ่มต้นที่ไม่ดี	อบรมพนักงานให้มีความรู้ความชำนาญในโปรแกรมจัดการควบคุมเครื่องพิมพ์(Maker Bot) ในด้านลักษณะการวางแบบชิ้นงาน มุมองศาการวางชิ้นงานให้เอียงทำมุม 5 - 29 องศา จากนั้นเพิ่มเติมส่วนค้ำยันชิ้นงานและการสร้างโครงสร้างการค้ำยันชิ้นงาน (Support) เพิ่มเติม เพื่อให้ชิ้นงานมีความมั่นคงแข็งแรงมากขึ้นตามพื้นฐานหลักวิศวกรรม	1. ต้องมีการตรวจสอบคุณภาพงานที่ได้จากเครื่องจักรแต่ตัวอย่างสม่ำเสมอ 2. สุ่มทดสอบทักษะความรู้ของพนักงานที่คุมเครื่องจักรเป็นระยะๆ

4.5 การเปรียบเทียบประเมินผลหลังการปรับปรุง

จากการศึกษาปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ บริษัทกรณีศึกษาพิจารณาจากตาราง 4.4 แสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกในการผลิต และประสิทธิภาพในการผลิตช่วงเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ.2559 และจากตาราง 4.5 แสดงให้เห็นถึงผลการดำเนินการระหว่างการปรับปรุงตามขั้นตอน และมาตรการต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ใหม่ ช่วงเดือน เมษายน – กันยายน พ.ศ.2560 เพื่อลดของเสียกระบวนการผลิต เป็นการลดปริมาณการใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกในการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้งสองตารางพบว่าระหว่างการปรับปรุงการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ พบว่าของเสียในกระบวนการผลิตลดลง โดยส่งผลให้ปริมาณการใช้เส้นวัตถุดิบพลาสติกในการผลิตลดลง จากร้อยละ 20.28 ของยอดขาย/เดือน เหลือร้อยละ 13.59 ของยอดขาย/เดือน และยังทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 4.5 ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก และยอดขายระหว่างเดือน ก.ค. – ธ.ค. 2559

พ.ศ.2559/เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม	เฉลี่ย/เดือน
วัตถุดิบ/บาท	28,143	29,170	17,917	7,784	5,960	10,029	81,086	13,514
ยอดขาย/บาท	103,830	125,130	57,428	47,130	18,216	48,080	399,814	66,637
วัตถุดิบเฉลี่ย/เดือน ยอดขายเฉลี่ย/เดือน	$\frac{13,514}{66,637} * 100 =$ ต้นทุนวัตถุดิบร้อยละ 20.28							

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ ในบริษัทกรณีศึกษา มีปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิต คือเส้นพลาสติก ช่วงเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ.2559 เป็นจำนวนเงินเฉลี่ย 13,514 บาท/เดือน ในอัตราเฉลี่ย ร้อยละ 20.28 ของยอดขาย/เดือน

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนวัตถุดิบเส้นพลาสติก และยอดขายระหว่างเดือน เม.ย. – ก.ย. 2560

พ.ศ.2560/เดือน	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	รวม	เฉลี่ย/เดือน
วัตถุดิบ/บาท	4,995	4,706	9,991	18,015	27,754	17,641	64,702	10,783
ยอดขาย/บาท	72,113	62,912	51,975	100,954	122,542	65,542	476,038	79,339
วัตถุดิบเฉลี่ย/เดือน ยอดขายเฉลี่ย/เดือน	$\frac{10,783}{79,339} * 100 =$ ต้นทุนวัตถุดิบร้อยละ 13.59							

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ ในบริษัทกรณีศึกษา มีปริมาณการใช้วัตถุดิบในการผลิต คือเส้นพลาสติก ช่วงที่มีการปรับปรุงเดือน เมษายน – กันยายน พ.ศ.2560 เป็นจำนวนเงินเฉลี่ย 10,783 บาท/เดือน ในอัตราเฉลี่ย ร้อยละ 13.59 ของยอดขาย/เดือน

มหาวิทยาลัยสยาม
SIAM UNIVERSITY

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

การดำเนินการศึกษาการพิจารณาแนวทางการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยมีวัตถุประสงค์คือ ศึกษาปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และควบคุมให้การเกิดของเสียในกระบวนการผลิตลดลง โดยนำข้อมูลของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์หาสาเหตุ กำหนดแนวทางที่จะทำการศึกษา และปรับปรุง ดำเนินการตามแนวทางที่ได้วางแผนจากการศึกษาข้อมูลของเสีย โดยเก็บข้อมูลของเสียมาเปรียบเทียบก่อนปรับปรุง และช่วงที่ปรับปรุง

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการศึกษา และวิเคราะห์ปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบ ของเสียที่เกิดขึ้นเกิดจากการขาดการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่ดี ขาดความรู้ความเข้าใจในการทำงาน ประสบการณ์ของพนักงานที่น้อย และการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ ส่งผลทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตมาก หลังจากที่ได้มีการปรับปรุงแก้ไขโดยการจัดมาตรฐานการบำรุงรักษาเครื่องจักรใหม่ตามระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักร มีการจัดอบรมเพิ่มศักยภาพของพนักงานผู้ควบคุมเครื่องจักร ตลอดจนการคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพจากผู้ผลิตที่มีความน่าเชื่อถือ ทำให้ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลดน้อยลง ระยะเวลาผลิตที่ลดลงทำให้กำหนดการณ์ส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้าแต่ละครั้งมีเวลาที่รวดเร็วขึ้น ยังส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

โดยผลที่ได้จากบริษัทกรณีศึกษาพิจารณาจากตาราง 4.4 แสดงปริมาณการใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกในการผลิต และประสิทธิภาพในการผลิต ในช่วงเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ.2559 ซึ่งเป็นช่วงเวลาก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการผลิต และตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการใช้วัตถุดิบเส้นพลาสติกในการผลิต และประสิทธิภาพในการผลิต ระหว่างการปรับปรุงกระบวนการผลิตช่วงเดือน เมษายน – กันยายน พ.ศ.2560

ผลสรุปจากการศึกษา พบว่าระหว่างการปรับปรุงการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นงานต้นแบบของเสียในกระบวนการผลิตลดลง ทำให้ปริมาณการใช้เส้นวัตถุดิบพลาสติกในการผลิตลดลง จากร้อยละ 20.28 ของยอดขาย/เดือน เหลือร้อยละ 13.59 ของยอดขาย/เดือน และยังทำให้ประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1. พนักงานที่เข้ามาปฏิบัติงานใหม่ควรมีการอบรมก่อนเริ่มการทำงาน และมีการสุ่มทดสอบความรู้พนักงานอยู่เป็นระยะๆ เพื่อคงประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและลดปัญหาของเสียที่จะเกิดขึ้น
2. ควรมีการจัดทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรครั้งใหญ่ อย่างน้อย ปีละ 1 ครั้ง เพื่อตรวจสอบและซ่อมบำรุงเครื่องจักร
3. ควรมีการเก็บข้อมูลรูปแบบชิ้นงานที่ลูกค้าสั่งผลิตเป็นระบบฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์เพื่อสะดวกต่อการค้นหา และวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการพัฒนาในด้านต่างๆ ให้ดีขึ้น
4. ควรมีการปรับปรุง พัฒนาระบบควบคุมมลภาวะทางกลิ่น เพื่อไม่ให้กลิ่นพลาสติกหลอมเหลวออกมากระจายออกมา
5. จากตัวเลขสรุปผลการดำเนินงาน มาตรการแนวทางการปรับปรุงแก้ไขที่ได้กำหนดขึ้นทางผู้วิจัยได้ใช้มาตรการ เพียงบางส่วนเท่านั้น ตัวเลขของเสียในกระบวนการผลิตได้ลดลงจากเดิม และด้วยเวลาการวิจัยที่จำกัดทำให้ไม่สามารถดำเนินการปรับปรุงตามมาตรการทั้งหมดได้ หากดำเนินการปรับปรุงตามมาตรการ ที่ได้กำหนดไว้ทุกมาตรการของเสียในกระบวนการผลิตก็จะลดลงมากขึ้นไปอีก

บรรณานุกรม

กนกวรรณ ตั้งรัตนพิทักษ์. (2550). *การลดความสูญเสียของการผลิตลำโพง.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ธณัฏฐชัย ศรีธัญรัตน์. (2552). *การลดความสูญเสียเปล่าในการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสยาม.

บุศราภรณ์ ไชยศิริ. (2553). *การลดของเสียจากปัญหาสล๊อตเลื่อนที่เครื่องพิมพ์ในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัตร์พิมล สุวรรณกาญจน์. (2554). *การลดของเสียในการผลิตล้อแม็ก.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พิพัฒเพงศ์ ศรีชนะ. (2555). *การลดปริมาณของเสียจากกระบวนการผลิตอิฐบล็อก.* วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

วันชัย ริจิรวนิช. (2539). *การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย ริจิรวนิช. (2551). *การศึกษาหลักการทำงานหลักการและกรณีศึกษา.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

SIAM UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนสารนิพนธ์

ชื่อ	นายศุภวิชญ์ อุทยะพิรุณลักษ์
วัน เดือน ปี	7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2528
ภูมิลำเนา	40 ซ.เจริญนคร 37 แขวงบางลำภูล่าง เขตคลองสาน กรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยสยาม ปีการศึกษา 2558
ประวัติการทำงาน	บริษัทพาเวอร์พาร์ทเนอร์ จำกัด ตำแหน่งวิศวกรซ่อมบำรุงเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY