การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต: การบรรจุน้ำนมข้าวโพด

รุ่งเพชร สุวรรณ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2557

Productivity Increasing In Production Process : Corn Milk Bottling

Rungphet Suwan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Engineering Management

Faculty of Engineering, Dhurakij Pundit University

2014

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิต: การบรรจุน้ำนมข้าวโพด
ชื่อผู้เขียน	รุ่งเพชร สุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ บุญชัย แซ่สิ้ว
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ดำเนินงานภายในโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่งซึ่งเป็นโรงงานผลิตขนมหวานแปรรูป ผู้ทำการวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดในส่วนของการบรรจุน้ำนมข้าวโพดเป็นหลัก

โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นโดยนำเทคนิคในการศึกษาวิธีการทำงานมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาและเก็บข้อมูล ซึ่งปัจจุบันกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพดพนักงานจะบรรจุน้ำนมข้าวโพดได้ครั้งละ 1 ขวด ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการบรรจุขาดเครื่องมือที่จะช่วยในการบรรจุ ซึ่งทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติแบบ 5 หัวบรรจุ เพื่อช่วยในการปฏิบัติงาน จากผลการทดสอบพบว่าเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดสามารถลดเวลาในการบรรจุได้ 83.62% จากเดิมบรรจุน้ำนมข้าวโพด 35 ขวดใช้เวลา 158 วินาที หลังจากปรับปรุงกระบวนการผลิตใช้เวลาในการบรรจุ 23.44 วินาที สามารถลดเวลาได้ 134.56 วินาที และนอกจากนี้สามารถลดจำนวนพนักงานจากเดิมกระบวนการบรรจุใช้พนักงานจำนวน 2 คน หลังจากปรับปรุงกระบวนการใช้พนักงานในการบรรจุ 1 คน ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของเงินเดือนพนักงานได้ 93,600 บาท/ปี ในส่วนของระยะเวลาคืนทุนของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดอยู่ที่ 5 เดือน 18 วัน

Thesis Title	Productivity Increasing In Production Process : Corn Milk Bottling
Author	Runghet Suwan
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr. Suparatchai Vorarat
Co-Thesis Advisor	Bunchai Sae-so
Department	Engineering Management
Academic Year	2014

ABSTRACT

This research was conducted dessert processing factory. The objective of the researcher is to increase productivity in corn milk production, focusing on corn milk bottling.

To analyze the problem and collect the data, the researcher utilized the working technique to study the initial data. Presently, in the corn milk packaging process, a worker is capable of bottling only one bottle at a time due to lack of packaging apparatus. The researcher studied, designed and developed a semi-automatic corn milk packaging machine with 5 heads. The experiment revealed that the machine reduced bottling time by 83.62% earlier, bottling of 35 bottles would consume 159 seconds. Development of the productivity process reduced the bottling time to 23.44 seconds, which is a decrease of 134.56 seconds. In addition, such improvement can help reduce the labor force from 2 persons to 1 person.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างดียิ่งจากท่าน อาจารย์ ผศ.ดร.ศุภรัชชัย วรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญชัย แซ่สิ้ว อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณและจารึกพระคุณนี้ไว้ในความทรงจำว่า ความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้ด้วยความกรุณาจากท่านอาจารย์ นอกจากนั้นขอขอบคุณคณะกรรมการอันประกอบด้วย ผศ.ดร.ไพฑูรย์ ศิริโอฬาร และ ดร.ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขและให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น

ในส่วนของโรงงาน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เจ้าของกิจการ กรรมการผู้จัดการ ผู้จัดการหน่วยงานต่างๆ ที่กรุณาให้ความเอื้อเฟื้อเข้าศึกษาวิจัย ตลอดจนบุคลากร ทุกท่านที่เป็นกลุ่มตัวอย่างซึ่งได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คุณค่าและประโยชน์ ที่อาจมีในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้พระคุณของบิดามารดาที่ให้กำเนิดและเลี้ยงดูให้การศึกษา ตลอดจนครูบาอาจารย์และผู้ที่มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนในการวางรากฐานการศึกษาให้แก่ผู้วิจัย

รุ่งเพชร สุวรรณ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง

กิตติกรรมประกาศ..... จ

สารบัญ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1. บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ..... 2

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... 3

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4

2.1 ระบบการบรรจุ..... 4

2.2 หลักการทางเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว..... 11

2.3 การออกแบบเครื่องมือ..... 13

2.4 ประเภทของการเคลื่อนไหว..... 14

2.5 แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง..... 13

2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน..... 16

2.7 แผนภูมิควบคุม..... 17

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่

2.8 คำนวณหาขนาดของตัวอย่าง..... 23

2.9 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน..... 23

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 25

3. วิธีการวิจัย..... 28

3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท..... 28

3.2 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา..... 33

3.3 แนวทางการแก้ปัญหา..... 37

4. ผลการวิจัย..... 41

4.1 การวิจัยขนาดของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุ..... 41

4.2 ส่วนประกอบของโครงสร้างเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด..... 45

4.3 ขั้นตอนการบรรจุ..... 46

4.4 FLOW PROCESS CHART 48

4.5 การทดสอบและชั่งน้ำหนัก..... 50

4.6 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสร้างเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด..... 51

4.7 การวิเคราะห์อัตราผลการตอบแทนและระเวลาคืนทุน..... 54

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 57

5.1 ผลการสรุป..... 57

5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 58

5.3 ข้อเสนอแนะ..... 59

บรรณานุกรม..... 60

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก..... 62
ประวัติผู้เขียน 65

DPU

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ประเภทของการเคลื่อนไหว..... 14

3.1 วิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (Swot Analysis)..... 32

3.2 Flow process chart กระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดก่อนการปรับปรุง..... 36

4.1 กระบวนการทำงานหลังปรับปรุง..... 48

4.2 น้ำหนักของน้ำนมข้าวโพดจำนวน 70 ขวด..... 51

4.3 รายละเอียดค่าใช้จ่าย..... 53

4.4 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง..... 54

5.1 เปรียบเทียบเวลาการทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักร..... 58

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 พนักงานบรรจุน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดพลาสติก..... 2

2.1 การบรรจุแบบระดับคงที่..... 5

2.2 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่..... 6

2.3 วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่..... 7

2.4 วิธีให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่..... 7

2.5 การบรรจุแบบสุญญากาศ..... 8

2.6 การบรรจุแบบแรงโน้มถ่วง..... 8

2.7 การบรรจุด้วยระดับความดัน..... 9

2.8 การบรรจุด้วยระบบกระบอกสูบ..... 10

2.9 การบรรจุโดยการใช้ปั๊ม..... 10

2.10 ขอบเขตบริเวณงานธรรมดา..... 12

2.11 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม..... 17

2.12 ระบบควบคุมคุณภาพหน้างาน..... 17

2.13 แนวความคิดแผนภูมิควบคุม..... 20

2.14 จุดบกพร่องของ C_p..... 21

2.15 ความสัมพันธ์ของ Cpk, cp..... 22

3.1 น้ำนมข้าวโพดบรรจุขวดพลาสติก..... 29

3.2 คุ้กกี้..... 29

3.3 สาคูเปียกข้าวโพด..... 30

3.4 วุ้นคุณเก๋..... 30

3.5 พุดดิ้งนมถั่วเหลืองทรงเครื่อง..... 31

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.6 วุ้นใบเตยกระทิ..... 31
3.7 น้ำนมข้าวโพดที่ผ่านการบรรจุเรียบร้อย..... 33
3.8 การบรรจุน้ำนมข้าวโพดโดยพนักงานก่อนการปรับปรุง..... 33
3.9 ขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุง..... 34
3.10 กระบวนการบรรจุก่อนการปรับปรุง..... 35
3.11 ภาพการจำลองหลักการทำงานของระบบแกรวิตี้..... 37
3.12 ภาพการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด..... 38
3.13 การออกแบบหัวบรรจุให้สามารถบรรจุได้หลายขนาด..... 39
3.14 หัวบรรจุสามารถปรับหัวให้เข้ากับระยะของขวดพลาสติก..... 40
3.15 การทำงานของหัวบรรจุน้ำแบบแกรวิตี้..... 40
4.1 การวัดขนาดขวดพลาสติก..... 41
4.2 การจัดเรียงขวดพลาสติกใส่ตระกร้า..... 42
4.3 ท่อบรรจุชิ้นนอก..... 42
4.4 ท่อบรรจุชิ้นใน..... 43
4.5 แหวนล็อคลูกยาง..... 43
4.6 สปริงสำหรับรับแรงกดชิ้นงาน..... 44
4.7 ส่วนประกอบของโครงสร้างเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด..... 45
4.8 ทิศทางการเรียงขวดพลาสติก..... 46
4.9 ลักษณะการใช้งานเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด..... 47
4.10 น้ำนมข้าวโพดที่บรรจุเรียบร้อยรอการปิดฝา..... 47
4.11 การบรรจุด้วยเครื่องบรรจุ 5 หัว..... 49
4.12 น้ำนมข้าวโพดที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุขึ้นเครื่องชั่งน้ำหนัก..... 50

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.13 IMR – Chart 52

4.14 Process Capabillity..... 53

5.1 เปรียบเทียบการเพิ่มของอัตราการผลิตก่อนการปรับปรุงและหลังปรับปรุง..... 55

5.2 Process Capability..... 56

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การแปรรูปข้าวโพดหวานเป็นน้ำนมข้าวโพดเพื่อเป็นเครื่องดื่มเป็นอาหารว่างใช้รับประทานเสริมอาหารเช้า หรือเป็นเครื่องดื่มบรรจุในภาชนะปิดมิดชิด มีรสชาติดี มีกลิ่นหอมซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของข้าวโพดหวาน และมีสีเหลืองทองคล้ายสีของเมล็ดข้าวโพดหวาน (กาญจนา, 2543) และสารอาหารในน้ำนมข้าวโพด มีดังนี้ โปรตีน 0.89 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 0.23 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 0.38 เปอร์เซ็นต์ ความชื้น 90.33 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 8 บริกซ์ สารอาหารที่เป็นประโยชน์อื่นๆ ได้แก่ วิตามิน และเส้นใย (ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ, 2544) (ที่มา: โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดหวานและการผลิตน้ำนมข้าวโพดเพื่อการค้าอย่างยั่งยืนศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษายังมีขั้นตอนการบรรจุน้ำนมข้าวโพดโดยใช้พนักงานบรรจุลงขวดพลาสติก ส่งผลให้กระบวนการการผลิตน้ำนมข้าวโพดเกิดความล่าช้า และเกิดความไม่สม่ำเสมอของปริมาณน้ำนมข้าวโพดในกระบวนการบรรจุ ส่งผลต่อคุณภาพและความน่าเชื่อถือและภาพลักษณ์ของบริษัทกรณีศึกษา เนื่องจากการที่กระบวนการบรรจุใช้ระยะเวลามาก ทำให้อากาศบริเวณรอบข้างเจือปนไปกับน้ำนมข้าวโพด ส่งผลทำให้น้ำนมข้าวโพดจึงมีอายุในการเก็บรักษาน้อยและนอกจากนี้การที่พนักงานตักน้ำนมข้าวโพดในถังที่วางต่ำเกินไป ทำให้พนักงานเกิดความเมื่อยล้า ดังนั้นทางผู้วิจัยดำเนินการศึกษากระบวนการทำงานและทำการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดแบบแกรวิตี้ (Gravity Type) เนื่องจากระบบมีการทำงานไม่ซับซ้อน การดูแลรักษาทำได้ง่าย

ภาพที่ 1.1 พนักงานบรรจุน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดพลาสติก

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ แบบ 5 หัวบรรจุ
2. เพื่อเพิ่มผลิตภาพในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดไม่น้อยกว่า 50%

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดระบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตให้แก่โรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

2. ในการพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดระบบกึ่งอัตโนมัติครั้งนี้ได้กำหนดจำนวนการบรรจุต่อขวดอยู่ที่ ครั้งละ 5 ขวดเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ศึกษาพัฒนาและออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ 5 หัวบรรจุ

2. เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดสามารถเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการการบรรจุได้เพิ่มขึ้นจากการบรรจุแบบเดิม 50%

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินการ

1. ศึกษาปัจจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ
2. ดำเนินการจัดหาและจัดซื้ออุปกรณ์ พร้อมทั้งดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติและติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ
3. ทดสอบเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดบันทึกค่าจัดทำรายงาน
4. ติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ พร้อมประเมินอัตราการผลิต

DPU

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบการบรรจุ

ปุ่นและนายสมพร (2541) ได้กล่าวถึงระบบการบรรจุของเครื่องจักร และประเภทของบรรจุภัณฑ์ไว้ดังต่อไปนี้

2.1.1ประเภทของผลิตภัณฑ์ ประเภทของผลิตภัณฑ์แบ่งออกตามลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ผลิตภัณฑ์แห้งและเหลว

1) ผลิตภัณฑ์เหลว เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเหนียวข้นต่ำจะสามารถไหลด้วยตนเองทำให้การบรรจุทำได้ง่าย ส่วนผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นสูงจะทำให้การบรรจุทำได้ยากกว่า จึงจำเป็นจะต้องออกแบบเครื่องจักรบรรจุ ซึ่งกระบวนการบรรจุจะมีองค์ประกอบอื่น ของผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว เช่น อุณหภูมิในการบรรจุ ความตึงของผิวผลิตภัณฑ์ การทำปฏิกิริยากับอากาศ เป็นต้น

2) ผลิตภัณฑ์แห้ง จะครอบคลุมไปถึงผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นชิ้น เป็นเม็ด เป็นก้อน เป็นแผ่น หรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถหล่นได้ด้วยตนเองตามแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถไหลตกได้ด้วยตนเองอย่างอิสระ และมีลักษณะจับเป็นกลุ่มหรือก้อนเป็นผงละเอียด ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความหนาแน่นไม่คงที่จึงไม่สามารถบรรจุได้โดยการใช้แรงโน้มถ่วงได้ แต่จะอาศัยระบบเกลียวช่วยในการส่งผ่านสู่ท่อบรรจุ

2.1.2 ประเภทของบรรจุภัณฑ์

จากการพิจารณาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ เราสามารถแบ่งบรรจุภัณฑ์ออกได้เป็น 3 ชนิดดังนี้ บรรจุภัณฑ์แบบแข็งตัว บรรจุภัณฑ์แบบกึ่งแข็งตัว และบรรจุภัณฑ์แบบอ่อนนุ่ม

1) บรรจุภัณฑ์แบบแข็งตัว (Rigid Packaging) ได้แก่บรรจุภัณฑ์ประเภทแก้ว กระป๋องโลหะ และพลาสติกแข็งตัว ซึ่งพลาสติกส่วนมากจะเป็นการขึ้นรูปด้วยวิธีการฉีด บรรจุภัณฑ์ชนิดนี้มีความแข็งแรง คงรูปได้ดี ลำเลียงบนสายพานได้สะดวก และสามารถนำมาใช้กับเครื่องบรรจุของเหลวสุญญากาศ และระบบความดันได้ดี และสามารถทำการบรรจุได้เร็วกว่าชนิดอื่นๆ

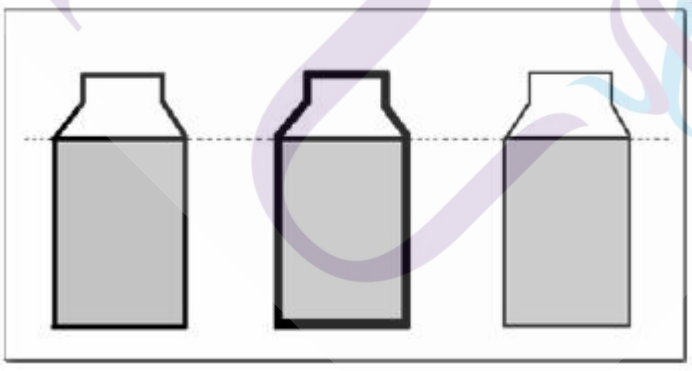
2) บรรจุภัณฑ์กึ่งแข็งตัว (Semi-Packaging) ได้แก่ถ้วยไอศครีมที่ขึ้นรูปด้วยความร้อนหรือระบบสุญญากาศ ขวดพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยการเป่า (Blow molding) บรรจุภัณฑ์ชนิดมีข้อจำกัด

ในการรับแรงอัด และแรงดันจึงนำมาบรรจุแบบสุญญากาศไม่ได้

3) บรรจุภัณฑ์อ่อนนุ่ม (Flexible Packaging) ได้แก่ซองพลาสติก และถุงพลาสติก บรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ไม่สามารถรักษารูปทรงหรือมิติได้ จึงต้องมีอุปกรณ์ช่วยในระหว่างการบรรจุ และมักจะใช้ระบบการบรรจุแบบสูบอัดใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์

2.1.3 ระบบบรรจุและเติมวิธีการบรรจุของเหลวในบรรจุภัณฑ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมี 2 ประเภทดังนี้

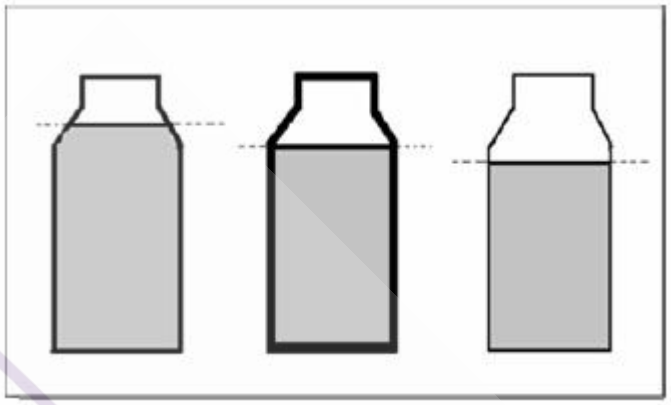
1) การบรรจุแบบระดับคงที่ จะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว เช่น น้ำอัดลม เบียร์ และของเหลว ซึ่งการบรรจุประเภทนี้สามารถวัดระดับโดยใช้ในสายตาในการวัดเนื่องจากภาชนะบรรจุจะมีปริมาตรบรรจุไม่เท่ากัน จากความหนาของผนังภาชนะบรรจุไม่สม่ำเสมอ หากทำการบรรจุแบบปริมาตรคงที่ ก็จะทำให้ระดับความสูงในการบรรจุในภาชนะบรรจุแตกต่างกันออกไป ซึ่งในขณะที่ผู้บริโภคพอใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์แล้วมีความสูงระดับเดียวกันทุกบรรจุภัณฑ์ แม้ว่าความจริงปริมาตรของผลิตภัณฑ์จะไม่ได้เป็นไปตามความจริง ดังภาพที่ 2.1 จะเห็นว่าระดับของของเหลวจะอยู่ระดับเดียวกันในขณะที่ความหนาของผนังบรรจุภัณฑ์แตกต่างกัน ซึ่งการบรรจุแบบระดับคงที่จะใช้วิธีแรงโน้มถ่วงสุญญากาศ ความดัน หรือการใช้ทั้งความดันและสุญญากาศ ส่วนการควบคุมให้ระดับคงที่โดยการนำของเหลวส่วนเกินนี้ออก เมื่อถึงระดับที่ต้องการโดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือใช้การควบคุมแบบนิวเมติกวาล์ว ช่วยในการบรรจุ



ภาพที่ 2.1 การบรรจุแบบระดับคงที่ (ปุ่นและสมพร, 2541)

2) การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ ปริมาตรที่ถูกต้องจะต้องถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์โดยกระบอกสูบ หรือการตวง การชั่ง ดังนั้นระบบการบรรจุแบบปริมาตรคงที่จะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูง ผลิตภัณฑ์ที่ขายตามน้ำหนัก ผลิตภัณฑ์ยา หรือสารเคมีที่ต้องการปริมาตรที่ถูกต้อง ดัง

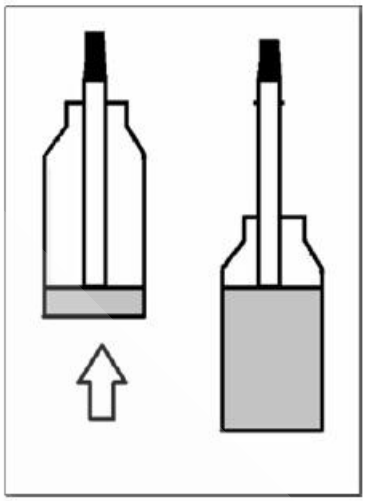
ภาพที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าระดับของผลิตภัณฑ์จะอยู่ที่ระดับที่แตกต่างกันซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามความหนาหรือพื้นที่ของบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 2.2 การบรรจุแบบปริมาตรคงที่ (ปุ่นและสมพร, 2541)

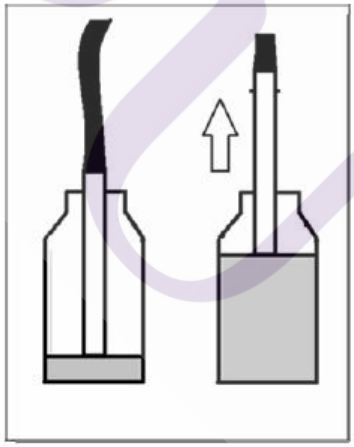
2.1.4 วิธีการบรรจุแบบเติมจากการพิจารณาการเคลื่อนตัวของภาชนะ และท่อบรรจุ (Nozzle) จะสามารถแบ่งวิธีการบรรจุเติมได้ 2 วิธีดังนี้

1) วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนภาชนะบรรจุเข้าไปหาท่อบรรจุโดยให้ท่อบรรจุของเหลวลงมาอยู่ในคอของภาชนะบรรจุ แล้วจึงปล่อยผลิตภัณฑ์ของเหลวไหลลงไปที่ก้นของภาชนะ หรือให้ปล่อยผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวนั้นกระจายไปทางด้านข้างของภาชนะบรรจุเพื่อให้ของเหลวนั้นไหลตามผนังของภาชนะ ซึ่งจะช่วยลดความแรงของการไหลของผลิตภัณฑ์และลดการรวมตัวกับอากาศจนเกิดเป็นฟองอากาศ เมื่อได้ปริมาณที่ต้องการแล้วจึงเคลื่อนภาชนะบรรจุออกจากท่อบรรจุ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 วิธีให้ภาชนะเคลื่อนที่ (ปุ่นและสมพร, 2541)

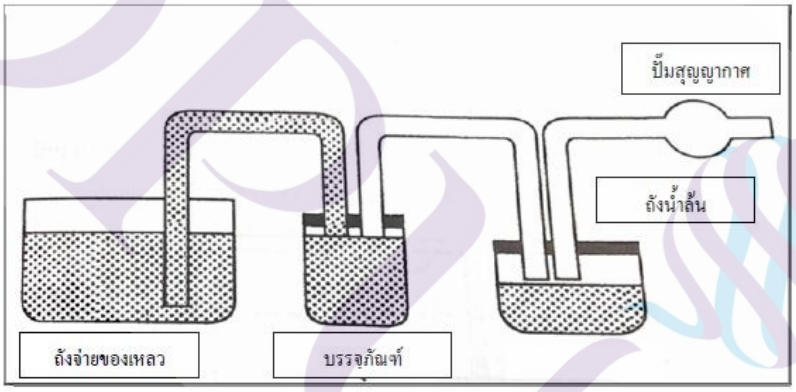
2) ให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่ โดยการเคลื่อนท่อบรรจุลงไปจนถึงก้นของภาชนะบรรจุ แล้วปล่อยให้ผลิตภัณฑ์ของเหลวไหลออกมาพร้อมกับเคลื่อนท่อบรรจุขึ้นจนได้ปริมาณที่ต้องการแล้วจึงเคลื่อนท่อบรรจุออกจากภาชนะบรรจุดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วิธีให้ท่อบรรจุเคลื่อนที่ (ปุ่นและสมพร, 2541)

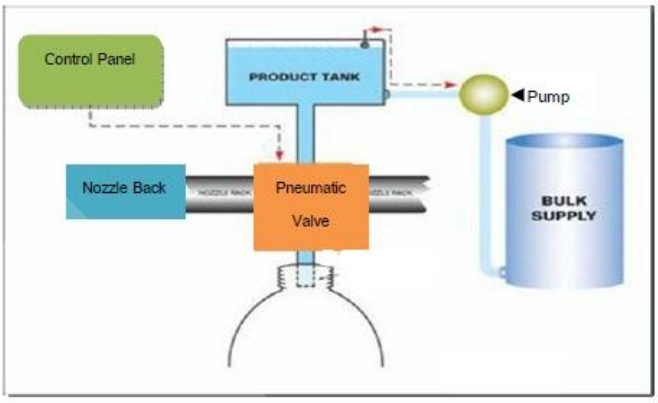
2.1.5 ระบบการบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลวการบรรจุผลิตภัณฑ์ของเหลวสามารถแบ่งได้ 6 ประเภท อธิบายได้ดังนี้

1) การบรรจุระบบสุญญากาศ เมื่อท่อหัวบรรจุ และท่อสุญญากาศเข้าในภาชนะให้ปลายของท่อบรรจุอยู่ระดับคอของภาชนะบรรจุจากนั้นจะทำการปิดผนึกบริเวณปากของภาชนะบรรจุเพื่อไม่ให้อากาศไหลผ่านได้ แล้วจึงทำการดูดอากาศที่อยู่ในภาชนะบรรจุออกทำให้เกิดสุญญากาศภายในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะส่งผลให้ความดันของถังจ่ายผลิตภัณฑ์ของเหลวสูงกว่าความดันในภาชนะบรรจุ จะทำให้ของเหลวที่อยู่ในถังจ่ายถูกดันเข้าสู่ภาชนะบรรจุ เมื่อของเหลวเติมในภาชนะบรรจุถึงระดับปลายท่อ หัวเติมจะดูดของเหลวที่อยู่เหนือระดับปลายท่อไหลออกไปยังถังน้ำล้น ทำให้ของเหลวไม่สูงเกินระดับที่ต้องการ ดังภาพที่ 2.5 ซึ่งการบรรจุด้วยระบบนี้ ใช้สำหรับการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวที่สามารถไหลได้ด้วยตัวเอง ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการที่รวดเร็ว และการลงทุนต่ำ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของวิธีนี้คือจะสามารถใช้ได้กับบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งตัวคงรูป และต้องใช้วิธีการบรรจุแบบระดับคงที่เท่านั้น นอกจากนี้บริเวณปากบรรจุภัณฑ์จะต้องไม่บิ่นหรือแตก จะต้องมีความเรียบ เนื่องจากจะทำให้อากาศไหลเข้ามาในภาชนะบรรจุระหว่างกระบวนการบรรจุได้



ภาพที่ 2.5 การบรรจุแบบระบบสุญญากาศ (ปุ่นและสมพร, 2541)

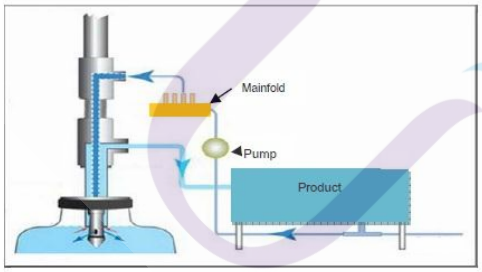
2) การบรรจุแบบระบบแรงโน้มถ่วง (Time Gravity Filler) ผลิตภัณฑ์จะถูกปั๊มดูดไปพักไว้บริเวณด้านบนของหัวบรรจุ และจะใช้ระบบนิวเมติคในการควบคุมการเปิดปิดวาล์วให้ของเหลวจากถังจ่ายที่ตั้งอยู่ด้านบนของเครื่องไหลออกมายังท่อบรรจุ ลงในภาชนะบรรจุซึ่งระดับที่เติมจะถูกกำหนดด้วยระดับท่อน้ำล้น การบรรจุเติมของเหลวด้วยแรงโน้มถ่วงนี้ จะไม่เกิดปัญหาเรื่องการหยด ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การบรรจุระบบแรงโน้มถ่วง

ซึ่งการบรรจุระบบนี้จะทำงานได้ช้ากว่าระบบบรรจุแบบสุญญากาศ ด้วยเหตุนี้ระบบการบรรจุนี้จึงไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ของเหลว ที่มีความหนืดสูงซึ่งจะทำให้ไหลได้ช้า

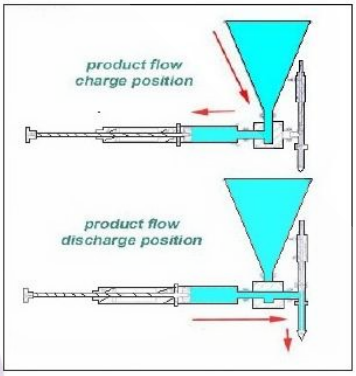
3) การบรรจุระบบความดัน (Overflow Filling) มีการทำงานที่คล้ายคลึงกับระบบการบรรจุระบบแรงโน้มถ่วง โดยใช้ปั๊มเป็นตัวส่งแรงเคลื่อนผลิตภัณฑ์ และที่บริเวณหัวบรรจุจะมีสปริงเป็นตัวเปิดปิดวาล์ว ดังภาพที่ 2.7 วิธีการนี้ทำให้ไม่จำเป็นต้องให้ถังเก็บบรรจุภัณฑ์อยู่สูง และทำให้การไหลตัวของผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น



ภาพที่ 2.7 การบรรจุระบบความดันระบบการบรรจุด้วยความดันนี้เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดต่ำถึงปานกลาง เช่น โฟมล้างหน้า เจล แชมพู เป็นต้น

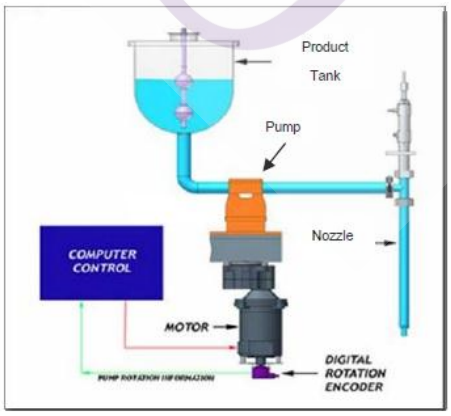
4) การบรรจุระบบผสมความดัน และสุญญากาศ ระบบบรรจุนี้จะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นฟอง และมีความหนืดสูงและส่วนใหญ่จะใช้กับภาชนะบรรจุที่เป็นพลาสติก ด้วยความดันจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไหลไปได้เร็วและสุญญากาศจะช่วยเร่งความเร็วในการบรรจุ และระบบนี้จะช่วยป้องกันสภาวะการบรรจุเกินโดยจะมีระบบดูดกลับไปยังถังน้ำล้น

5) การบรรจุระบบกระบอกลูกสูบ (Piston Filling) ระบบนี้จะประกอบด้วยกระบอกสูบ ลูกสูบ และวาล์ว ผลิตภัณฑ์จะไหลจากถังเก็บเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงหรือมาทางข้างหลัง ผลิตภัณฑ์จะถูกดูดมาในกระบอกสูบ และเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นหรือมาข้างหน้าผลิตภัณฑ์ ก็จะถูกดันออกจากระบบกระบอกสูบไปยังท่อบรรจุ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 บรรจุระบบกระบอกสูบ การบรรจุระบบนี้เป็นระบบที่มีวิธีการทำงานที่ง่าย สะดวกต่อการบำรุงรักษา เป็นระบบที่น่าสนใจสำหรับอุตสาหกรรม

6) การบรรจุระบบการตรวจวัดโดยปั๊ม (Servo Positive Displacement Filling) การบรรจุระบบนี้จะใช้ปั๊มโดยคอมพิวเตอร์จะตั้งจำนวนรอบที่ปั๊ม และทำการหยุดเมื่อถึงรอบที่ตั้งไว้ โดยปั๊มจะทำการดูดผลิตภัณฑ์ที่เก็บอยู่ในถังพักผ่านปั๊มไปยังหัวบรรจุเมื่อปั๊มหมุนได้ตามรอบที่ตั้งไว้ปั๊มจะหยุดทำงาน แสดงดังภาพที่ 2.9



ภาพที่2.9 บรรจุโดยใช้ปั๊ม

2.2 หลักการของเศรษฐศาสตร์การเคลื่อนไหว

มีอยู่หลายหลักการที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐศาสตร์ของการเคลื่อนไหว หลักการเหล่านี้พัฒนาขึ้นมาจากประสบการณ์ ซึ่งได้ก่อรูปเป็นหลักในการปรับปรุงวิธีการของสถานที่ปฏิบัติงาน ผู้ที่ใช้เป็นคนแรกคือ แฟรงค์ กิลเบรธ ผู้เป็นต้นกำเนิดของการศึกษาการเคลื่อนไหว ต่อมาได้ถูกขยายให้ใหญ่ขึ้นโดยผู้ที่ทำงานอยู่ในสาขานี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ศาสตราจารย์ บาร์นส์ หลักการเหล่านี้อาจจัดรวมกันได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) การใช้โครงร่างของมนุษย์

2) การจัดตำแหน่งของสถานที่ปฏิบัติงาน

3) การออกแบบเครื่องมือ

หลักการเหล่านี้มีประโยชน์ทั้งในโรงงานหรือห้องสำนักงาน เพราะเป็นพื้นฐานอย่างดียิ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น และลดความเหนื่อยล้าของงานที่ทำด้วยมือ ลงความคิดซึ่งเสนอโดย ศาสตราจารย์ บาร์นส์ ที่จะบรรยายต่อไปนี้ก็เป็นอย่างง่ายๆ

2.2.1 การใช้โครงร่างของมนุษย์ ถ้าเป็นไปได้

1) มือทั้งสองจะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดการเคลื่อนที่ในเวลาเดียวกัน

2) มือทั้งสองจะต้องไม่ว่างในเวลาเดียวกัน ยกเว้นตอนพักงาน

3) การเคลื่อนไหวของแขนทั้งสองข้าง จะต้องเหมือนกันแต่ในทิศทางตรงข้าม และจะต้องเคลื่อนไหวในเวลาเดียวกัน

4) การเคลื่อนไหวของมือและลำตัวให้ใช้ประเภทของการเคลื่อนที่ต่ำสุด ที่สามารถทำให้การทำงานได้ผลเป็นที่พอใจ ประเภทของการเคลื่อนที่ได้กล่าวไว้ในเรื่องของประเภทของการเคลื่อนไหว ประเภทต่ำคือ ประเภทที่มีตัวเลขน้อยๆ

5) ให้ใช้โมเมนตัมของตัวคนงานช่วยในการทำงาน แต่ในกรณีที่ต่อต้านกับกล้ามเนื้อของคนงาน ขณะทำงานต้องลดโมเมนตัมลงให้เหลือน้อยที่สุด

6) การเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่อง จะนิยมใช้มากกว่าการเคลื่อนไหวแบบเส้นตรงแล้วมีมุมหักเบี่ยงทิศทางอย่างกระทันหัน

7) การเคลื่อนที่อย่างอิสระสามารถกระทำได้เร็วกว่า ง่ายกว่า และแม่น ยำกว่าการเคลื่อนที่อย่างเคร่งครัดหรือควบคุมบังคับ

8) จังหวะท่าทีจำเป็นอย่างมากในปฏิบัติงานอย่างราบเรียบ สม่ำเสมอ และการปฏิบัติงานแบบอัตโนมัติในงานที่ มีการกระทำซ้ำกัน งานจะต้องจัดวางอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดการง่ายและทำได้อย่างธรรมชาติในเวลาปฏิบัติให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

9) งานจะต้องจัดวางอยู่ในตำแหน่งที่การเคลื่อนไหว ของดวงตาอยู่ขอบเขตที่สะดวกสบาย นั่นคือ ดวงตาเวลามองงานขณะปฏิบัติการอยู่ จะต้องไม่เปลี่ยนโฟกัสบ่อยๆ

2.2.2 การจัดตำแหน่งของสถานที่ปฏิบัติงาน

1) ตำแหน่งที่แน่นอน ตายตัว ต้องจัดตรียมไว้สำหรับวางเครื่องมือหรือวัสดุที่ใช้ในงานทั้งนี้เพื่อให้เกิดนิสัยเคยชินขึ้น เมื่อหยิบวัสดุหรือเครื่องมือนั้นๆ บ่อยครั้ง

2) เครื่องมือและวัสดุที่ใช้ในงาน ต้องจัดเตรียมตำแหน่งที่แน่นอนเอาไว้ เพื่อจะได้ไม่ต้องค้นหาอย่างวุ่นวายเวลาใช้

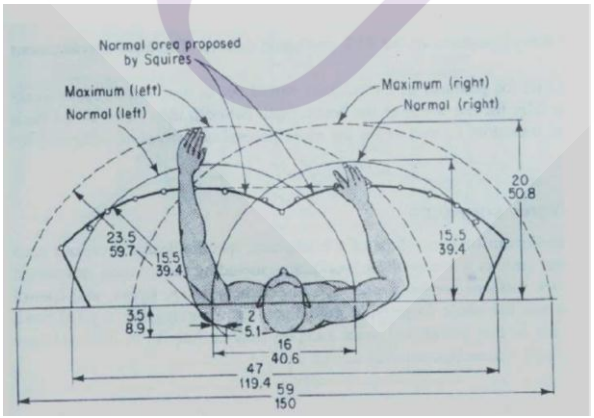
3) ใช้กล่องหรือภาชนะเก็บของเพื่อนำของนั้นๆ ไปวางให้ใกล้กับผู้ปฏิบัติงานมากที่สุดถ้าในกรณีใช้ส่งวัสดุโดยอาศัยแรงดึงดูดของโลก จุดปลายท้ายที่ส่งวัสดุมาต้องอยู่ใกล้ตัวผู้ใช้วัสดุนั้นให้มากที่สุดเช่นกัน

4) เครื่องมือ วัสดุ และเครื่องควบคุมบังคับ ต้องจัดเรียงอยู่ภายในบริเวณปฏิบัติงานที่กว้างที่สุด (รูปที่ 2.10) และให้อยู่ใกล้ผู้ปฏิบัติงานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

5) เครื่องมือและวัสดุ ต้องจัดเรียงให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดลำดับขั้นตอนของการเคลื่อนไหวขณะปฏิบัติงานได้ดีที่สุด

6) ควรใช้วิธีทิ้งลงข้างล่าง หรือใช้เครื่องดีดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ออกไปจากบริเวณปฏิบัติงานเพื่อคนงานจะได้ไม่ต้องใช้มือผลักดันผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแล้วออกไป

7) ต้องจัดหาแสงสว่างให้เพียงพอในบริเวณปฏิบัติงาน และต้องจัดหาเก้าอี้นั่งทำงานชนิดที่เหมาะสมและมีความสูงพอดี เมื่อนั่งทำงานแล้วจะได้ท่านั่งที่สวยและสบาย ความสูงของบริเวณปฏิบัติงานและเก้าอี้ควรขยับขยายได้เพื่อไว้ใช้ในกรณีที่นั่งทำงานสลับกับยืนทำงาน



ภาพที่ 2.10 ขอบเขตบริเวณปฏิบัติงานธรรมดา

ดังภาพที่ 2.10 แสดงขอบเขตของบริเวณปฏิบัติงานธรรมดา และบริเวณเก็บของบนโต๊ะทำงานของผู้ปฏิบัติงานที่มีขนาดร่างกายธรรมดาเท่าที่จะทำได้ไม่ควรเก็บวัสดุที่ใช้งานไว้ข้างหน้าผู้ปฏิบัติงานโดยตรงทั้งนี้เพราะว่าผลของการวิจัยในเรื่องสรีรวิทยาของผู้ปฏิบัติงานปรากฏว่าการยืดตัวไปข้างหน้าจะเกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อข้างหลังซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย

8) สีของบริเวณที่ปฏิบัติงานต้องตัดกันกับงานที่กระทำเพื่อลดความเมื่อยล้าของนัยน์ตา

2.3การออกแบบเครื่องมือ

1) งานที่ต้องใช้มือถือเอาไว้ ควรขจัดออกไปในเมื่อสามารถใช้จิก หรือฟิกซ์เจอร์ทำแทน

2) ใช้เครื่องมือ 2 ชิ้น หรือมากกว่าเข้าร่วมกันทำงานในโอกาสที่สามารถทำในกรณีที่นิ้วมือทุกนิ้วเคลื่อนไหวในการทำงานเช่นในเวลาพิมพ์ดีด ควรจะแผ่กระจายน้ำหนักของนิ้วตามความสามารถตามธรรมชาติของนิ้ว

3) เหล็กข้อเหวี่ยง ซึ่งใช้สำหรับหมุนเครื่องมือที่ถ่ายทอดการหมุนหรือไขควงขนาดใหญ่ๆต้องออกแบบให้มีขนาดที่ผิวของมือ สัมผัสกับผิวของเครื่องมือประเภทนี้ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้นี่เป็นสิ่งสำคัญที่สุด โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องออกแรงหมุนมาก

4) คาดงัด พวงมาลัยกากบาท และพวงมาลัยวงกลม ต้องวางในตำแหน่งที่ผู้ใช้งาน เมื่อใช้งานแล้วการเปลี่ยนตำแหน่งของลำตัวผู้ใช้งานเกิดขึ้นน้อยที่สุด หรือในตำแหน่งที่ทำให้เกิด“ความได้เปรียบเชิงกล” มากที่สุด

2.4 ประเภทของการเคลื่อนไหว

กฎที่สี่ในหลักการกลศาสตร์ การเคลื่อนไหว คือ การเคลื่อนไหวของร่างกายต้องพยายามใช้การเคลื่อนที่ให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ประเภทของการเคลื่อนไหวนี้ได้สร้างขึ้นตามแกนหมุนต่างๆ ของส่วนต่างๆ ของร่างกาย

ตารางที่ 2.1 ประเภทของการเคลื่อนไหว

ประเภท	แกนหมุน	อวัยวะที่เคลื่อนไหว
1	ข้อนิ้วมือ	นิ้วมือ
2	ข้อมือ	มือและนิ้วมือ
3	ข้อศอก	แขนช่วงล่าง มือ และเครื่องมือ
4	หัวไหล่	แขนช่วงบน แขนช่วงล่าง มือ และนิ้วมือ
5	ท้อง	ลำตัวท่อนบน แขนช่วงบน แขนช่วงล่าง มือ และนิ้วมือ

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ชัดว่า การเคลื่อนไหวต่างๆที่อยู่เหนือประเภทที่ 1 จะเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของประเภทต่างๆ ที่มีประเภทต่ำกว่าลงไป ถ้าใช้ประเภทการเคลื่อนไหวต่ำ จะประหยัดแรงขึ้นดังที่กล่าวข้างบน

2.5 แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Flow Process Chart)

แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง คือแผนภูมิขบวนการผลิตที่กำหนดการเคลื่อนย้ายตามลำดับก่อนหลังของผลิตภัณฑ์หรือแนวของการทำงานโดยการบันทึกเหตุการณ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นด้วยการใช้สัญลักษณ์ที่เหมาะสม

การจัดทำแผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่อง ก็กระทำเช่นเดียวกับแผนภูมิขบวนการผลิตอย่างสังเขปทุกประการ ยกเว้นแต่ว่านอกจากสัญลักษณ์แสดงการปฏิบัติงาน และตรวจสอบแล้วได้เพิ่มสัญลักษณ์แสดงการขนถ่าย การรอและที่เก็บเพิ่มขึ้นเท่านั้น แม้ว่าแผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องจะมีอยู่หลายประเภท แต่สัญลักษณ์ที่ใช้จะเหมือนกันทุกอย่าง และแนวทางการสร้างแผนภูมิประเภทต่างๆ ก็คล้ายคลึงกันมาก โดยที่นิยมปฏิบัติกันมา แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องประเภทนั้นคำกิริยาที่ใช้จะเป็น “การกระทำ” ของผู้ปฏิบัติงานต่อวัสดุหรือเครื่องจักร

ส่วนแผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องประเภทวัสดุและเครื่องจักรนั้น คำกิริยาที่ใช้เป็น “การถูกกระทำ” ของวัสดุหรือเครื่องจักรโดยตรงโดยทั่วไปแผนภูมิขบวนการผลิตทั้งสามประเภทมักจะใช้แบบฟอร์มเดียวกันพิมพ์อยู่ในรูปของแผนภูมิ ตัวพาดหัวรวมกันทั้งสามประเภท คือเขียนว่า “แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องประเภทคน/วัสดุ/เครื่องจักร” เวลาใช้กับประเภทใดประเภทหนึ่งก็ขีดฆ่าชื่ออีก 2 ประเภท ออกไปเนื่องจากมีรายละเอียดมากกว่า จึงทำให้แผนภูมิขบวนการผลิตต่อเนื่องไม่สามารถแสดงการปฏิบัติงานต่อแผ่นของแผนภูมิได้มากเหมือนแผนภูมิ

ขบวนการผลิตอย่างสังเขป แผนภูมิขบวนการการผลิตต่อเนื่อง จะแยกการกระทำงานบนสายงานของผลิตออกเป็นส่วนที่สำคัญๆ หลายส่วนแต่ละส่วนจะแสดงการทำงานนั้นๆบนแผนภูมิคนละแผ่นแยกจากกัน

2.5.1 สัญลักษณ์ของแผนภูมิขบวนการผลิตการบันทึกข้อเท็จจริงเกี่ยวกับงาน หรือการปฏิบัติงานในแผนภูมิการผลิตสามารถทำได้ง่ายกว่าการบันทึกข้อความทั่วไปมาก การบันทึกในแผนภูมิจะใช้สัญลักษณ์มาตรฐานเพียง 1 ชุด ซึ่งจะมีอยู่ 5 สัญลักษณ์ สามารถคลุมไปถึงการกระทำหรือเหตุการณ์ต่างๆ ที่ปรากฏโดยทั่วไปขณะปฏิบัติงานในโรงงานหรือสำนักงานได้หมด สัญลักษณ์ที่ใช้บันทึกนี้จะยังผลให้เกิดความสะดวกเป็นแบบของตัวเลขที่สามารถเข้าใจได้แจ่มแจ้งประหยัดเวลาอย่างมาก ในการบ่งบอกถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามลำดับในการปฏิบัติงานการทำงานที่เด่นในขบวนการผลิตมีอยู่ 2 ชนิด การปฏิบัติงานและการตรวจสอบงานสามารถแสดงได้ดังสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

○ คือ สัญลักษณ์แทนการปฏิบัติงานสัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงขั้นตอนที่สำคัญในขบวนการผลิต ในวิธีการหรือในแนวทางการปฏิบัติงานโดยทั่วไปแล้วจะต้องบอกถึงการปรับปรุงแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงรูปของชิ้นส่วน วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ในขณะทำการปฏิบัติงานสัญลักษณ์ของการปฏิบัติงานใช้ได้ทั้งงานในโรงงานและงานในห้องทำงาน เช่น การทำงานของเสมียน การปฏิบัติงานจะเริ่มขึ้นเมื่อได้รับหรือส่งข่าวสารหรือข้อมูลแล้ว หรือในขณะที่กำลังทำการวางแผนงานหรือกำลังคำนวณอยู่

□ คือ สัญลักษณ์แทนการตรวจสอบงานสัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงการตรวจสอบคุณภาพของงาน หรือตรวจสอบปริมาณของงานความแตกต่างระหว่างงานทั้งสองนี้เห็นได้ชัดดังนี้ การปฏิบัติงานเป็นการกระทำต่อวัสดุ ชิ้นส่วนหรืองานบริหารในขั้นตอนต่างๆ ก่อนจะเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การกระทำนี้อาจเป็นการแปลงรูปร่างลักษณะ (เช่น ในกรณีการกลึงหรือกัดผิวโลหะของชิ้นส่วน) หรืออาจเป็นการเปลี่ยนส่วนผสมทางเคมี (เช่น ในกรณีของการปฏิบัติงานในสายงานการผลิตแบบต่อเนื่อง) เป็นต้น การปฏิบัติงานอาจกล่าวได้ว่า คือการตระเตรียมการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ซึ่งจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในเวลาอันใกล้การตรวจสอบงาน ไม่เกี่ยวข้องกับการกระทำใดๆต่อวัสดุในขั้นตอนต่างๆ ก่อนจะได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การตรวจสอบเป็นเพียงการพิสูจน์ว่าการปฏิบัติงานต่างๆ ที่ผ่านมาทั้งหมดนี้ถูกต้องตรงกับคุณภาพและปริมาณของงานที่กำหนดเอาไว้โดยทั่วไปแล้วเราต้องการมองให้เป็นเค้าโครงร่าง ของการปฏิบัติงานให้ละเอียดชัดกว่าการใช้สัญลักษณ์เพียง 2 อัน ดังกล่าวมานี้ ด้วยเหตุนี้ จึงต้องใช้สัญลักษณ์ใหม่อีก 3 สัญลักษณ์ดังข้างล่างนี้

⇨ คือ สัญลักษณ์แทนการขนถ่าย สัญลักษณ์นี้จะบ่งบอกการเคลื่อนไหวของคนงาน วัสดุ หรือเครื่องจักรจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง การขนถ่ายจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเคลื่อนย้ายสิ่งของหรือคนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งนี้ยกเว้นการเคลื่อนไหวซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงาน หรือเกิดขึ้นเนื่องจากการปฏิบัติงาน ณ หน่วยปฏิบัติงานหรือการปฏิบัติงานขณะทำการตรวจสอบงาน สัญลักษณ์นี้จะใช้ต่อเมื่อมีการขนถ่ายวัสดุที่เกิดขึ้นตัวอย่างเช่น ขนถ่ายวัสดุขึ้นรถขนถ่ายวัสดุลงจากรถ ขนถ่ายวัสดุเข้าที่เก็บ

D คือ สัญลักษณ์แทนที่เก็บพักชั่วคราวหรือการรอสัญลักษณ์บ่งบอกถึงการรอที่เกิดขึ้นในลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์ ตัวอย่างเช่น งานที่รอคอยอยู่ระหว่างการปฏิบัติงานของหน่วยที่ต่อเนื่องกัน หรือสิ่งต่างๆ ที่ทิ้งไว้ข้างๆ ชั่วคราวโดยไม่มีการลงบันทึกจนกว่าต้องการให้เป็นต้น ตัวอย่างของงานที่ใช้สัญลักษณ์นี้ได้แก่ งานที่กองไว้บนพื้นของโรงงานระหว่างหน่วยงานปฏิบัติงานหนึ่งกับหน่วยงานปฏิบัติงานต่อไป กล่องที่รอคอยการบรรจุ ชิ้นส่วนที่รอเพื่อที่จะนำไปเก็บในกล่อง หรือจดหมายที่รอคอยการลงชื่อ เป็นต้น

▽ คือ สัญลักษณ์แทนที่เก็บพักถาวรสัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงที่เก็บพักที่ควบคุมได้ วัสดุจะถูกส่งเข้ามาเก็บไว้หรือถูกจ่ายออกไปโดยมีแบบการควบคุมอย่างเป็นทางการ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือที่เก็บพักสิ่งของสำหรับเป็นที่อ้างอิงเท่านั้นสัญลักษณ์นี้จะปรากฏขึ้นเมื่อมีการนำเอาสิ่งของมาเก็บไว้ เพื่อป้องกันการถูกขนย้ายออกไปโดยไม่เป็นทางการ ความแตกต่างระหว่างที่เก็บพักถาวรกับที่เก็บพักชั่วคราว หรือการรอก็มีเพียงว่าแบบฟอร์มของใบรับส่งของอย่างเป็นทางการจะต้องใช้เมื่อมีการนำวัสดุเข้า หรือออกจากที่เก็บพักถาวรแต่ไม่จำเป็นต้องนำมาใช้ในการนำวัสดุเข้าหรือออกจากที่เก็บพักชั่วคราว

2.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

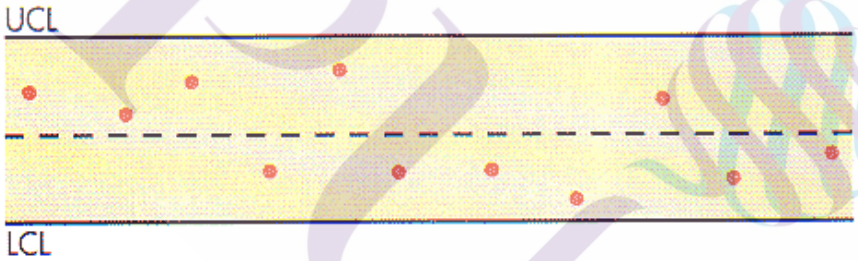
การวิเคราะห์ความแปรปรวนใช้สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป (ใช้สำหรับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มก็ได้ แต่กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ใช้ t-test สะดวกกว่า) เหตุที่ไม่ใช้ t-test กับกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป เนื่องจากใช้ t-test ทดสอบได้ทีละคู่เท่านั้น ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม ต้องทำ t-test หลายครั้ง เช่น ถ้ามีกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม แล้วทดสอบด้วย t-test จะต้องทำ t-test ถึง 3 ครั้ง คือ เปรียบเทียบกลุ่ม 1 กับ กลุ่ม 2, กลุ่ม 1 กับ กลุ่ม 3 และ กลุ่ม 2 กับ กลุ่ม 3 ซึ่งเสียเวลามาก และทำให้มีความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 เพิ่มขึ้น กล่าวคือ ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยความบังเอิญมีมากขึ้น เพื่อขจัดปัญหาดังที่กล่าวมานี้ จึงจำเป็นต้องใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งสามารถทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างได้ทีละหลายกลุ่มในครั้งเดียวกัน

2.7 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเฝ้าติดตามกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินการผลิตอยู่แผนภูมิควบคุมแบ่งเป็น 2 ประเภท

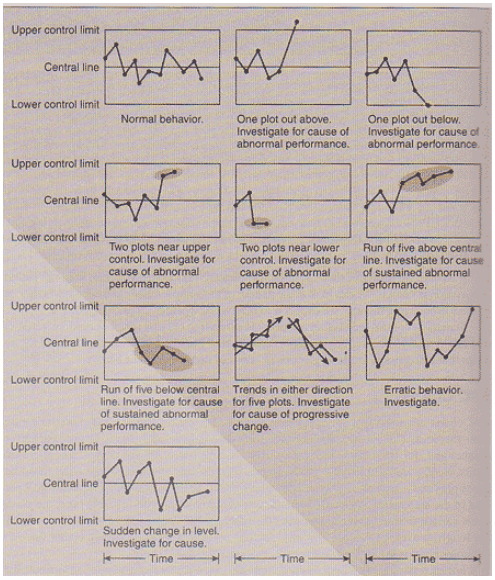
2.7.1 แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยวัด (Control Chart for Variables) เป็นแผนภูมิที่ใช้เพื่อควบคุมการผลิตและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ ได้แก่ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย ($\overline{X}$ and R Control Chart) แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$ and S Control Chart) แผนภูมิควบคุมตัวแปรเดี่ยวและพิสัยเคลื่อนที่ ($\overline{X}$ and MR Control Chart) และแผนภูมิควบคุมแบบผลบวกสะสม (Cumulative-Sum Control Chart)

2.7.2 แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยนับ (Control Chart for Attribute) เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้เพื่อควบคุมการผลิตและตรวจสอบผลิตภัณฑ์ด้วยการนับเชิงคุณภาพ เช่น จำนวนรอยตำหนิ จำนวนของเสีย เป็นต้น ได้แก่ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart), แผนภูมิควบคุมจำนวนชิ้นงานที่เป็นของเสีย (np Chart), แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ (c Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อชิ้น (u Chart)



ภาพที่ 2.11ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม (Control Chart)

ที่มา: William, J. Stevenson, Operations Management, 2002: 479.



ภาพที่ 2.12 ระบบควบคุณภาพที่หน้างาน

ที่มา: Mark, M. Davis, Nicholas, J. Aquilano, and Richard, B. Chase.(2003), Fundamentals of Operations Management, 264.

ในการสร้างแผนภูมิควบคุมจะนำหลักทางสถิติมาใช้เป็นเครื่องมือ ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมประกอบด้วย

1) การเตรียมการ เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลและเลือกแผนภูมิควบคุมที่จะนำมาประยุกต์ โดยต้องทราบถึง ขนาดตัวอย่าง และความถี่ของการสุ่มตัวอย่าง วิธีการเก็บข้อมูลที่เป็นไป

2) การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการจดบันทึกข้อมูล คำนวณค่าของตัวสถิติ และพล็อตค่าสถิติที่ต้องการศึกษา ในการสุ่มตัวอย่างข้อมูล ลำดับเวลาของการผลิตปัจจัยที่จะกำหนดเวลาของการสุ่ม การสุ่มตัวอย่างมี 2 วิธี คือ การสุ่มเท่ากับ n ชิ้นต่อเนื่องกันที่ผลิตภายในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน

3) การคำนวณขีดจำกัดควบคุม (Control Limit) และเส้นกึ่งกลาง (Central Line หรือ Center Line) ขีดจำกัดควบคุมเป็นเส้นที่ใช้ในการตัดสินใจว่าข้อมูลอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม

4) การวิเคราะห์และแปลความหมาย การที่ข้อมูลอยู่นอกสภาวะควบคุมเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการ แสดงว่ากระบวนการผลิตเกิดปัญหาต้องหาสาเหตุและแก้ไขแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลแบบหน่วยวัด ที่มีความสำคัญ คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$ and S Control Chart)มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐาน ($\overline{X}$ and S Control Chart)เป็นการใช้เพื่อค่าขนาดตัวอย่างสุ่ม (n) มีค่ามาก ($n > 10$ หรือ 12) หรือมีค่าไม่คงที่ เพราะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทุกตัว แผนภูมิประเภทนี้ใช้ดีกว่าแผนภูมิควบคุม $\overline{X}$ เนื่องจากแผนภูมิควบคุม R มีประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีขนาดตัวอย่างใหญ่กรณีที่ n มีค่าคงที่แต่ไม่ทราบค่า σ หลังจากการบันทึกข้อมูลลงในแผ่นบันทึก แล้วนำข้อมูลมาทำการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมโดยสามารถคำนวณขีดจำกัดควบคุมได้ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

ขีดจำกัดควบคุม (UCL) $\overline{\overline{X}} + \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}}$ (2.1)

เส้นกึ่งกลาง (CL) $\overline{\overline{X}}$ (2.2)

ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) $\overline{\overline{X}} - \frac{3\bar{s}}{c_4\sqrt{n}}$ (2.3)

หรือ ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) $\overline{\overline{X}} + A_3\bar{s}$ (2.4)

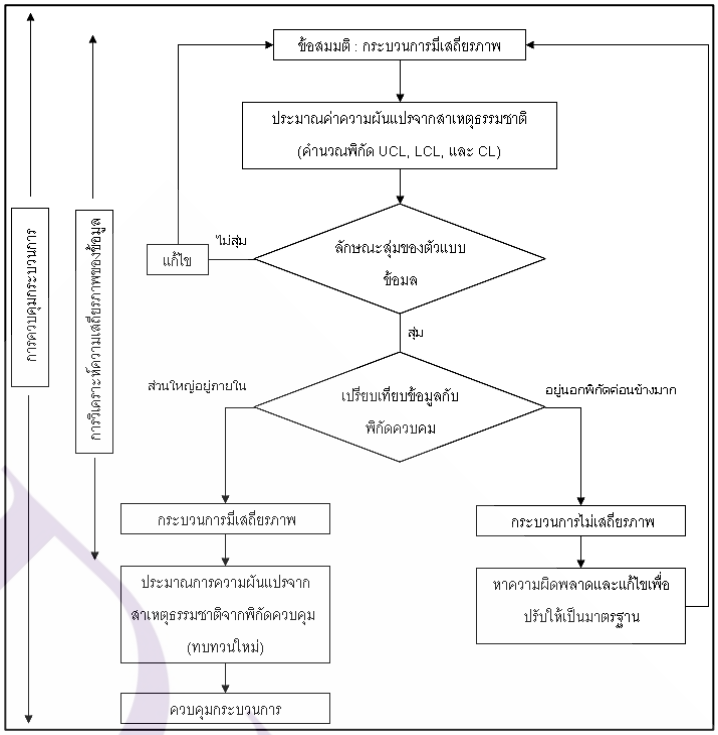
เส้นกึ่งกลาง (CL) $\overline{\overline{X}}$ (2.5)

ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) $\overline{\overline{X}} - A_3\bar{s}$ (2.6)

โดยที่ $A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}$ เนื่องจาก σ คือ $\frac{\bar{s}}{c_4}$

$$\bar{s} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} s_i \text{ เมื่อ } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{m}\left(x_1 - \bar{x}\right)^2}{n-1}$$

และ m คือจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่มในเบื้องต้น โดยที่แต่ละกลุ่มมีขนาด n เท่ากัน



ภาพที่ 2.13 แนวความคิดแผนภูมิควบคุม

ที่มา:กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างานพิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท เทคนิคอล แอพโพรชเคาน์เซลลิ่งแอนด์เทรนนิ่ง จำกัด;2542:หน้า 254)

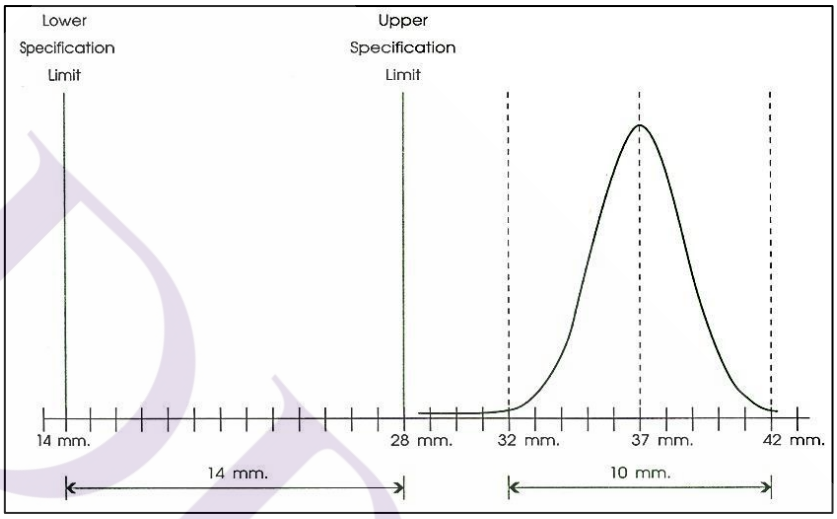
สมรรถภาพกระบวนการ (Process Capability, Cp, Cpk) Cpเป็นตัวที่ใช้วิเคราะห์สมรรถภาพกระบวนการ (2.7) โดยมีอัตราส่วนดังแสดงดังนี้

$$\mathrm{Cp} = \left(\frac{USL - LSL}{6\sigma} \right) \qquad (2.7)$$

จากสมการ สามารถอธิบายความหมายของค่า Cpคือการเปรียบเทียบระหว่างความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพกับความกว้างของกระบวนการ ถ้า Cpมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพเท่ากับความกว้างของกระบวนการ ถ้า Cpมีค่าสูงหมายถึงกระบวนการมีขนาดความกว้างน้อยเมื่อเทียบกับความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพ ซึ่งความหมาย

ตรงข้ามกับค่า Cpน้อย บางกรณีค่า Cpสูงไม่ได้หมายความว่ากระบวนการมีประสิทธิภาพดีเสมอไป ดังนั้น จำเป็นต้องจัดทำตัวชี้วัดขึ้นมาอีกครั้งเพื่อใช้แก้ไขปัญหานี้ คือ Cpk

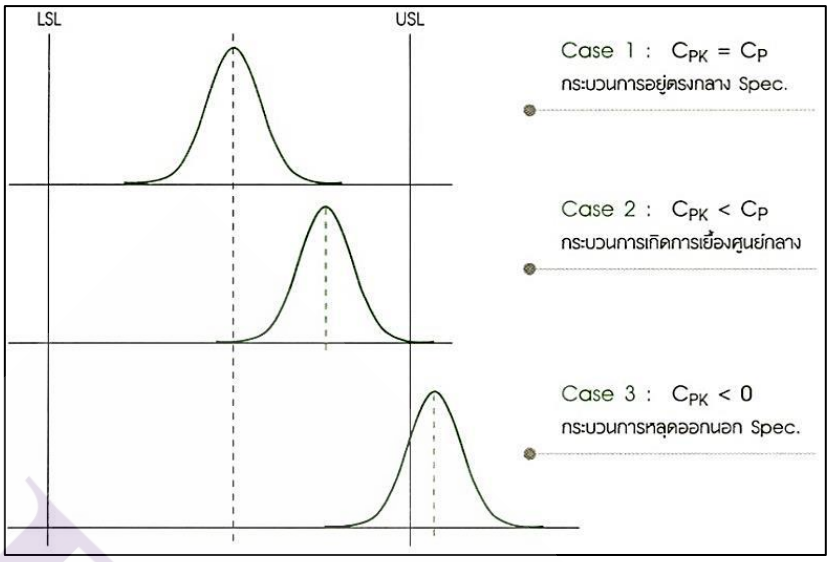
$$\mathrm{Cpk} = \min\left(\frac{USL-\mu}{3\sigma}, \frac{\mu-LSL}{3\sigma}\right) \tag{2.8}$$



ภาพที่ 2.14 จุดบกพร่องของ Cp

ที่มา:วชิรพงษ์ สาลีสิงห์.(2548). ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค SIX SIGMA ฉบับ Champion และBlack Belt. พิมพ์ครั้งที่ 1.ศิริวัฒนา อินเตอร์พริ้นท์.

จากภาพที่ 2.14 จึงไม่สามารถใช้ Cpเพียงตัวเดียวในการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการได้ เนื่องจาก Cpบอกเฉพาะความแตกต่างระหว่างความกว้างของกระบวนกับความกว้างของขีดจำกัดด้านคุณภาพแต่ไม่ได้บอกตำแหน่งของค่ากลางของกระบวนการว่าอยู่ที่ใด เมื่อเทียบกับขีดจำกัดด้านคุณภาพ เพื่อแก้ไขปัญหาจึงต้องพิจารณาค่า Cpkประกอบด้วย โดยค่า Cp, Cpk และลักษณะของกระบวนการมีความสัมพันธ์กัน ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 ความสัมพันธ์ของ Cpk , Cpและลักษณะของกระบวนการ

ที่มา: วชิรพงษ์ สาลีสิงห์.(2548).ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค SIX SIGMA ฉบับ Champion และ Black Belt. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศิริวัฒนา อินเตอร์พริ้นท์.

ในกรณีที่ค่าน้อยสุดของ Cpkคือค่าที่ได้จากสมการชุดแรก

$$\mathrm{Cpk} = \left(\frac{USL - \mu}{3\sigma} \right) \tag{2.9}$$

กรณีที่กระบวนการมีแนวโน้มที่จะเยื้องศูนย์กลาง หรือหลุดออกนอกเส้นขีดจำกัดคุณภาพทางด้านสูง แต่ถ้าค่าที่น้อยสุดของ Cpkคือค่าที่ได้จากสมการชุดหลังคือ

$$\mathrm{Cpk} = \left(\frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right) \tag{2.10}$$

ในกรณีนี้ กระบวนการมีแนวโน้มที่จะเยื้องศูนย์กลางหรือหลุดออกนอกเส้นขีดจำกัดคุณภาพทางด้านล่าง คือลักษณะของกระบวนการจะกลับด้านกราฟจะค่อย ๆ ขยับออกมาทางด้าน

LSL ดัชนี Cpและ Cpkเป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าความผันแปรที่ยอมให้สำหรับคุณสมบัติความสามารถในการสับเปลี่ยน (USL – LSL) กับค่าความผันแปรที่เกิดขึ้นกับกระบวนการ (6SD) Cpไม่สนใจการตั้งกระบวนการ ($\overline{X}$) เพื่อวิเคราะห์ถึงการออกแบบจริงๆ ในขณะที่ Cpu, Cplและ Cpkจะสนใจต่อผลการตั้งกระบวนการ ($\overline{X}$)เพื่อวิเคราะห์ผลการปฏิบัติจริงกับกระบวนการCpต่ำแสดงว่า สาเหตุมาจากการออกแบบที่ไม่มีความเหมาะสม ควรออกแบบใหม่Cpkต่ำ แสดงว่า อาจจะมาจากสาเหตุการตั้งค่ากระบวนการไม่เหมาะสม และมาจากการออกแบบ ควรปรับตั้งค่าก่อนเสมอ ค่า Cpและ Cpkค่าต่างกันแสดงว่าค่าตั้งของกระบวนการไม่ได้อยู่ตรงกลางสเปค ควรมีการปรับตั้งกระบวนการใหม่

2.8 คำนวณหาขนาดตัวอย่าง(Simple Size)

(รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม,2550.หน้า 254) การศึกษาเวลาโดยการใช้นาฬิกาจับเวลาถือเป็นการสุ่มตัวอย่างรูปแบบหนึ่งเพียงแต่เป็นการสุ่มบนตัวอย่างเดียวที่มีความต่อเนื่อง ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากความแปรปรวนของงาน ความเร็วของพนักงานในการทำงาน และอาจมีงานแปลกปลอม และงานอื่นที่ซ่อนเร้น ดั้งนั้นการจับเวลารอบเดียว หรือ 2-3 รอบ ย่อมไม่ใช่ค่าที่แน่นอนพอที่จะเป็นฐานในการคำนวณเวลามาตรฐาน การคำนวณมีหลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นกับเวลาและค่าความแม่นยำที่ต้องการ แต่ทุกวิธีต้องอาศัยข้อมูลเบื้องต้นในการประมาณการ และค่าความคลาดเคลื่อน สูตรการคำนวณมีดังต่อไปนี้

$$n = \left(\frac{40\sqrt{\mathrm{n}'\sum x^2-(\sum x)^2}}{\sum \mathrm{x}}\right)^2 \qquad (2.11)$$

เมื่อ n = ขนาดตัวอย่างที่จะหา

n' = จำนวนที่ทดลองจับเวลาก่อน

$\sum$ = ผลรวมแต่ละค่า

x = ค่าที่อ่านได้ (เวลาในในแต่ละวัฏจักร)

2.9 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน

ในการวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐกิจหรือของรัฐบาลนั้นจะให้ความสำคัญกับมูลค่าของผลประโยชน์สุทธิที่ตกอยู่กับสังคมโดยรวม (net social benefits) ภายใต้การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่การวิเคราะห์โครงการเอกชนจะเน้นมูลค่าผลประโยชน์สุทธิที่ตกอยู่กับผู้เป็นเจ้าของภายในโครงการ (internal to the project itself) แต่ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์โครงการของรัฐบาลหรือเอกชนก็ตาม ผลการวิเคราะห์เป็นการพิจารณาว่า ผลประโยชน์มากกว่า

หรือน้อยกว่าค่าใช้จ่าย ซึ่งการที่ผู้วิเคราะห์โครงการจะเปรียบเทียบค่าของผลประโยชน์กับค่าใช้จ่ายเพื่อพิจารณาว่าโครงการใดเป็นโครงการที่ดีคุ้มค่าแก่การลงทุนหรือไม่นั้น จำเป็นต้องอาศัยเกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุน

เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนมี 2 ประเภท

1) เกณฑ์แบบไม่ปรับค่าเวลา

2) เกณฑ์แบบปรับค่าเวลา

2.9.1 เกณฑ์การตัดสินใจเพื่อการลงทุนแบบไม่ปรับค่าของเวลา

เกณฑ์แบบไม่ปรับค่าเวลา เป็นเกณฑ์ที่ไม่นำเวลาเข้ามาเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดมูลค่าของเงินตรา (Value of money) อันจะมีผลให้มูลค่าของเงินในอนาคต (Future value) เท่ากับมูลค่าของเงินในปัจจุบัน (present value)

1) วิธีตรวจสอบด้วยการจัดเรียงลำดับ (Ranking by Inspection)เกณฑ์นี้เป็นการจัดเรียงลำดับความสำคัญของโครงการ โดยเราเพียงทราบปริมาณการลงทุนและผลประโยชน์ของโครงการอาทิ โครงการ A และ B มีปริมาณการลงทุนเท่ากัน ผลประโยชน์ในแต่ละปีเท่ากัน แต่โครงการ B ให้ผลประโยชน์ติดต่อกันหลายปี ดังนั้น เราย่อมเลือกลงทุนในโครงการ B อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า เกณฑ์ดังกล่าวมีข้อบกพร่องในประเด็นที่ถ้าแต่ละโครงการซึ่งเรากำลังพิจารณาตัดสินใจเลือกลงทุนนั้นมีปริมาณเงินลงทุนและผลประโยชน์ในจำนวนที่แตกต่างกัน จะทำให้เราตัดสินใจเลือกโครงการได้ยาก

2) ระยะคืนทุน (Payback Period)เกณฑ์ระยะคืนทุนเป็นเกณฑ์ที่คำนึงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน (ผลกำไรที่ได้รับแต่ละปีรวมกัน โดยเป็นกำไรสุทธิหลังหักภาษี ดอกเบี้ย และค่าเสื่อมราคาของ ทรัพย์สิน) เท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการนั่นคือทำการพิจารณาจำนวนปีที่ได้รับผลประโยชน์คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน ดังนั้น หากดำเนินงานแล้วผลประโยชน์คุ้มกับจำนวนเงินที่ลงทุนได้รวดเร็วก็จะดี เพราะความเสี่ยงน้อยและผู้ลงทุนสามารถนำเงินที่ถอนทุนได้ไปลงทุนเพื่อหาประโยชน์ในกิจการอื่น ๆ ต่อไป

เกณฑ์การตัดสินในแบบระยะคืนทุนนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในวงการธุรกิจหรือกรณีที่มีความเสี่ยงสูง อาทิ กรณีผู้ประกอบการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ โดยยังไม่ขอลิขสิทธิ์ การนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวออกสู่ตลาดอาจถูกคู่แข่งขันเลียนแบบ นอกจากนั้น อาจเผชิญกับความเสี่ยง ซึ่งเกี่ยวกับสถานการณ์การเมืองในประเทศที่จะลงทุนหรือในอุตสาหกรรมซึ่งมีเทคโนโลยีใหม่ ๆ เกิดขึ้นเร็วมาก ดังนั้น นักลงทุนต้องเลือกโครงการที่ให้ผลประโยชน์คืนเร็วในระยะเวลาอันสั้น

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลประโยชน์สุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \qquad (2.12)$$

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกรัฐชัย ยวดยิ่ง (2551)ได้ทำการศึกษาเรื่องการใช้เทคนิคการศึกษาการทำงานสำหรับการเพิ่มผลิตภาพการผลิตพาเลทเหล็กจากการศึกษาพบปัญหาคือมีผลิตพาเลทเหล็กไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า และมีการแข่งขันทางการค้าสูงจึงได้จัดทำโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาของแต่ละกระบวนการผลิตเพื่อกำจัดความสูญเปล่า แนวทางในการดำเนินงานสำหรับการเพิ่มผลิตภาพ คือเริ่มจากการจับเวลาของแต่ละกระบวนการผลิต และหาเวลาที่เป็นมาตรฐานในการดำเนินการให้มากที่สุด หรือหาจุดคอขวดของแต่ละกระบวนการผลิต เช่นการเชื่อม เต็มแนว หลังจากนั้นค้นปัญหาและทำการปรับปรุงแก้ไขด้วยการกำจัดความสูญเปล่า โดยเพิ่มอุปกรณ์จับชิ้นงาน ในขณะที่เจ้าหน้าที่กำลังเชื่อม เต็มแนว พร้อมทั้งเพิ่มการอบรมให้กับพนักงานเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจ ผลจากการปรับปรุงสามารถลดเวลามาตรฐานในการผลิตต่อชิ้นลงจากเดิม 126.31 นาที เป็น 112 นาทีคิดเป็น 10.96 % สามารถเพิ่มผลิตภาพกระบวนการผลิตเท่ากับ 28.71 % ส่งผลให้รายได้เพิ่มขึ้น 1,965,600 บาท/ปี

พทธพนธ์ พิทักษ์ (2556) ได้ทำการศึกษาเรื่องกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต กรณีศึกษาอุตสาหกรรมล้างขวดเนื่องจากการศึกษากระบวนการผลิตของกรณีศึกษา ได้วิเคราะห์ถึงจำนวนขวดของกระบวนการซึ่งมีเพิ่มมากขึ้นทุกวัน ซึ่งในกระบวนการล้างขวดเพื่อนำมารีไซเคิลใหม่นั้น เครื่องจักรเดิม ยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีพอ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยล้า และทำให้จำนวนของขวดที่ล้างเสร็จไม่เพียงพอต่อความต้องการมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องล้างขวดเพื่อเพิ่มอัตราการผลิต ได้ศึกษากระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตกรณีศึกษา อุตสาหกรรมล้างขวด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอัตราการผลิตของโรงงานตัวอย่าง (อุตสาหกรรมล้างขวด) โดยวิธีการรับวัตถุดิบแยกผลิตภัณฑ์การล้างทำความสะอาด วิเคราะห์อัตราผลิตภาพ ต้นทุนการดำเนินงาน มีการกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการทำงาน จากนั้นทำการทดลองปฏิบัติงานตามแนวทางที่นำเสนอ วิเคราะห์การทำงานก่อนและหลังปฏิบัติงาน ซึ่งผลการวิจัยพบว่าอัตราผลิตภาพรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 36 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.5 อัตราผลิตภาพวัตถุดิบเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.38 อัตราผลิตภาพแรงงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.50 ซึ่งผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ในโรงงานเพื่อเพิ่มผลิตภาพโดยรวมได้

การัณย์ หอมชาติ (2533)ได้ทำการศึกษาและออกแบบเครื่องดัดเหล็กปลอกเสา ในตัวอาคารในการก่อสร้างอาคาร มีการใช้เหล็กเส้น ขนาด 6.9 mm เพื่อใช้ในการปลอกเสา และคานโดย

จำนวนคนงานที่ดำเนินการขั้นต่ำ ต้องใช้จำนวน 2 คน ขึ้นอยู่กับขนาดของตึกและอาคาร หากอาคารใหญ่ก็จะเพิ่มจำนวนคนงานในการดำเนินงาน และด้วยจำนวนที่มาก ทำให้คนงานเกิดความเมื่อยล้าและเกิดความล่าช้าเพื่อสร้างเครื่องดัดเหล็กเส้นให้เป็นปลอกลัดเสาคอนกรีต โดยควบคุมด้วยระบบนิวเมตริกจากการทดสอบเครื่องจักร พบว่าเหล็กขนาด 6 mm เริ่มดัดที่แรงดัน 2.5 bar และที่ความดัน 5 bar ใช้เวลา 19 นาที/ชิ้น จากการทดสอบพบว่าตัวแปรสำคัญต่อระยะเวลาในการดำเนินงานคือความดันลม และความเร็วในการป้อนชิ้นงานแต่ในการป้อนชิ้นงานหากร้อนเร็วเกินไปทำให้เครื่องจักรทำงานผิดพลาดได้เช่นกัน โดยผู้วิจัยได้ลดความเร็วลงเพื่อให้มีค่าคงที่ทำให้เครื่องจักรทำงานได้ตามปกติ ในส่วนของการปลอกพบว่ามีความผิดพลาดเล็กน้อยคือไม่เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสตามที่ต้องการทางผู้วิจัยยอมรับว่า สาเหตุที่ชิ้นงานไม่เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสตามที่ต้องการนั้นขึ้นอยู่กับเหล็กที่ใช้ หน้าตัดไม่กลม และเหล็กที่นำมาดัดไม่เป็นเส้นตรง บิดเบี้ยว ทำให้ชิ้นงานที่ออกมา เกิดความผิดพลาด และไม่สมบูรณ์เท่าที่ควรในการออกแบบเครื่องดัดเหล็กจะต้องวัดหน้าตัดเหล็กจริงว่ากลมจริงหรือไม่ และในการออกแบบเครื่องจักร ควรคำนึงถึงความกะทัดรัด และการเคลื่อนย้ายง่ายและสะดวก และสาเหตุสำคัญอีกประการคือ ในการดัดเหล็กควรคำนึงถึงการคืนตัวของเหล็กหลังจากดัดเรียบร้อย

จักรพันธ์ (2553) ได้ศึกษาหาปัจจัยที่เหมาะสมที่มีผลต่อความหนาของการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดพอลีเอทิลีน สำหรับเครื่องขึ้นรูปแบบสุญญากาศ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2 kpที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 6 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิในการให้ความร้อน ช่วงเวลาในการให้ความร้อน ช่วงเวลาในการทำสุญญากาศ ช่วงเวลาในการเป่าลม ลักษณะของแม่พิมพ์ และทิศทางในการวางแม่พิมพ์ จากการศึกษา พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลหลัก คือ อุณหภูมิในการให้ความร้อน เวลาในการให้ความร้อน ชนิดของแม่พิมพ์ และทิศทางการวางแม่พิมพ์ โดยมีปัจจัยร่วม คือ อุณหภูมิในการให้ความร้อนกับชนิดของแม่พิมพ์ และ อุณหภูมิในการให้ความร้อนกับทิศทางในการวางแม่พิมพ์ และหาค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต

สิริชัยสุรัตนชัยการ (2555) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องบรรจุยาน้ำได้มีการเปิดให้ทำงานล่วงเวลาทุกวันในกระบวนการผลิตยาน้ำชนิดตกตะกอน ซึ่งส่งผลให้เกิดต้นทุนค่าแรงงานขึ้นประมาณ 38,158 บาท/เดือน สาเหตุหลักมาจากเครื่องบรรจุที่ไม่สามารถเพิ่มความเร็วในการบรรจุได้ เพราะเมื่อทำการเพิ่มความเร็วบรรจุก็จะทำให้เกิดฟองล้นขวดออกมา ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้คือ ลดการเกิดฟองล้นขวดขณะบรรจุ และเพิ่มความเร็วในการบรรจุ โดยได้ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม โดยใช้การออกแบบ 2 k ฟังก์ชันแนล แฟคทอเรียล ดีไซด์ เพื่อหาปัจจัยหลักที่ทำให้ยาเกิดฟองขึ้นขณะทำการบรรจุ และเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการบรรจุยา

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การตั้งอัตราความเร็วบรรจุที่ 54 ขวด/นาที ใช้เข็มบรรจุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 8.5 มิลลิเมตร ระดับความเร็วรอบของใบพัดกวนยาที่ 280 รอบ/นาทีและระดับความสูงของน้ำยาในถังพักที่ 300 เซนติเมตร สามารถทำให้การเกิดฟองล้นขวดขณะบรรจุลดลง ทำให้สามารถเพิ่มความเร็วของเครื่องบรรจุขึ้นได้ และทำให้การเปิดทำงานล่วงเวลาต่อวันลดลงประมาณ 1 ชั่วโมง ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนด้านแรงงานลดลงประมาณร้อยละ 9

ฉัตราภรณ์ (2546) ได้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการไหลของน้ำยาดับกลิ่นสุขภัณฑ์ โดยใช้แผนการทดลองแบบ 2 k โดยมีปัจจัยหลัก 4 ปัจจัย ได้แก่ จำนวนเกลียวฝ้ายในสายซับน้ำยา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสายซับน้ำยา ระดับความลึกในการจุ่มสายซับน้ำยาและความยาวของสายซับน้ำยา จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลหลักคือ จำนวนเกลียวฝ้ายในสายซับน้ำยา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสายซับน้ำยา และความยาวของสายซับน้ำยาและใช้การทดลองแบบ 3 k เพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยและข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่บริษัทกรณีศึกษาผลิตและจัดจำหน่าย ซึ่งผู้วิจัยได้นำเครื่องมือมาใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการของแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อนำสาเหตุดังกล่าวมาดำเนินการปรับปรุงแก้ไข

3.1 ประวัติความเป็นมาของบริษัท

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทที่จัดตั้งในรูปแบบอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป ก่อตั้งเมื่อปีพุทธศักราช 2540 เป็นจัดตั้งเป็นแบบนิติบุคคล ด้วยเงินทุนจดทะเบียน 5 ล้านบาท ปัจจุบันตั้งอยู่ที่ถนนปทุมธานี-ลาดหลุมแก้ว ตำบลหน้าไม้ อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี บริษัทแห่งนี้จัดตั้งโดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือต้องการผลิตขนมหวานแปรรูปเกี่ยวกับผลไม้และพืชทางเกษตรเป็นหลักตัวอย่างวัตถุดิบที่ได้จากการเกษตรเช่น มะพร้าวน้ำหอม ข้าวโพด ฟักทอง ใบเตย โดยสินค้าที่ผลิตจะวางจำหน่ายตามร้านค้าสะดวกซื้อ ร้านค้าสมัยใหม่ และนอกจากนี้ทางบริษัทยังมีนโยบายรับผลิต OEM (Original Equipment Manufacturer)ให้กับลูกค้า ซึ่งบริษัทได้รับการรับรองมาตราฐานรับรองคุณภาพหลักโดย HACCP (Hazard Analysis critical Control Point) จึงทำให้ผู้บริโภคสามารถเชื่อมั่นในคุณภาพของสินค้าได้เป็นอย่างดี

ปัจจุบันโรงงานแห่งนี้มีการผลิตสินค้าหลากหลายชนิด ซึ่งในกระบวนการผลิตของโรงงานแห่งนี้มีการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตโดยในแต่ละขึ้นตอนของการทำงานของเครื่องจะมีเครื่องจักรที่เป็นระบบปิด และระบบเปิด จึงทำให้ทางโรงงานต้องมีการปรับปรุงกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ให้เป็นระบบปิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน ให้ดียิ่งขึ้น เช่น สาคูเปียกข้าวโพด คุ้กกี้ วุ้น เต้าฮวยนมสด เต้าหู้นมสด พุดดิ้งนมถั่วเหลือง และน้ำนมข้าวโพด ฯลฯ รูปแบบของการจำหน่ายผลิตภัณฑ์มีลักษณะเด่นคือสามารถจัดจำหน่ายได้ตลอดทั้งปีและสามารถเข้าถึงลูกค้าได้ทุกเพศทุกวัย และเนื่องด้วยลูกค้ามีการบริโภคที่หลากหลาย การผลิตที่หลากหลายจึงสามารถตอบสนองลูกค้าให้สามารถเลือกรับประทานได้ตลอดทั้งปี ปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาได้ดำเนินการขยายการตลาด โดยกระจายสินค้าออกไปจำหน่ายตามเส้นทางหลักๆ ในแต่ละภาคของ

ประเทศไทย ซึ่งการขยายตัวของการคมนาคมและประกอบกับความสามารถในการบริโภคของประชาชนในการเดินทาง ทางบริษัทจึงมีดำเนินการจัดตั้งร้านค้าสมัยใหม่ในบริเวณจุดพักรถปั๊มน้ำมันขนาดใหญ่ และเนื่องด้วยสาเหตุนี้เองจึงทำให้ทางบริษัทมีความจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษาที่วางจำหน่ายในร้านสะดวกซื้อสมัยใหม่และร้านค้าตัวแทนจำหน่ายทั่วไป

ภาพที่ 3.1 น้ำนมข้าวโพดบรรจุขวดพลาสติก

ภาพที่ 3.2 คุกกี้

ภาพที่ 3.3 สาคูเปียกข้าวโพด

ภาพที่ 3.4 วุ้นคุณเก๋

ภาพที่ 3.5 พุดดิ้งนมถั่วเหลืองทรงเครื่อง

ภาพที่ 3.6 วุ้นใบเตยกระทิ

จากการวิเคราะห์ Swot Analysis ในกระบวนการผลิต เพื่อหา จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ดังรายละเอียดที่แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 วิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค (Swot Analysis) ของบริษัทกรณีศึกษา

จุดแข็ง (Strength)	**จุดอ่อน (Weakness)**
1. โรงงานผลิตที่มีระบบมาตราฐานคุณภาพตามหลัก HACCP 2. เป็นที่รู้จักของลูกค้า 3. มีการออกสื่อโฆษณาประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์ของทางโรงงาน 4. สินค้ามีวางจำหน่ายทั่วประเทศ ตามร้านสะดวกซื้อและร้านค้าสมัยใหม่ 5. มีการพัฒนา และปรับปรุงผลิตภัณฑ์อยู่ตลอดเวลา 6. รับผลิตตาม Order ของลูกค้า	1. สินค้ามีอายุสั้น (10 วัน) 2. สินค้าต้องเก็บในที่ๆควบคุมอุณหภูมิตลอดเวลา 3. การตลาดของบริษัทปัจจุบันช่องทางการจำหน่ายสินค้ายังผูกขาดกับลูกค้ารายใหญ่ๆ 4. ขาดระบบการวางแผนการจัดการผลิตที่มีประสิทธิภาพ 5. พนักงานไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน ตามที่โรงงานกำหนดไว้ 6. ขาดเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในบางกระบวนการผลิต
โอกาส (Opportunity)	**อุปสรรค (Threat)**
1. สินค้าสามารถจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี 2. สินค้าสามารถเข้าถึงลูกค้าได้ทุกเพศทุกวัย 3. มีลูกค้าสนใจที่จะดำเนินธุรกิจในรูปแบบของตัวแทนจำหน่าย	1. ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น 2. พนักงานมีการเปลี่ยนแปลงบ่อย พนักงานส่วนใหญ่เป็นแรงงานต่างชาติ 3. วัตถุดิบเป็นสินค้าทางการเกษตรทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ 4. อุณหภูมิภายนอกส่งผลต่อคุณภาพสินค้า

3.2 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา

น้ำนมข้าวโพด ได้จากการนำข้าวโพดสดระยะน้ำนมที่อยู่ในสภาพดีนำมาปอกเปลือก หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด ขั้นตอนต่อไปคือนำข้าวโพดไปแยกเมล็ดออก หลังจากแยกเมล็ดออกเรียบร้อยแล้วนำข้าวโพดไปผสมกับน้ำแล้วนำไปปั่นซึ่งต้องแยกกากข้าวโพดออกจากน้ำนมข้าวโพดที่ได้ โดยนำส่วนที่เป็นน้ำนมข้าวโพดไปต้มโดยการให้ความร้อน ควรมีค่าอุณหภูมิมากกว่า 100 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำนมข้าวโพดเดือดจึงปรุงแต่งรสชาติด้วยน้ำตาลและเกลือป่น โดยที่สามารถเติมส่วนประกอบอื่นเช่น นมผง น้ำนมถั่วเหลือง สเตบิไลเซอร์ซึ่งน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการปรุงแต่งและบรรจุเรียบร้อย จะแสดงดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 น้ำนมข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการบรรจุเรียบร้อยแล้ว

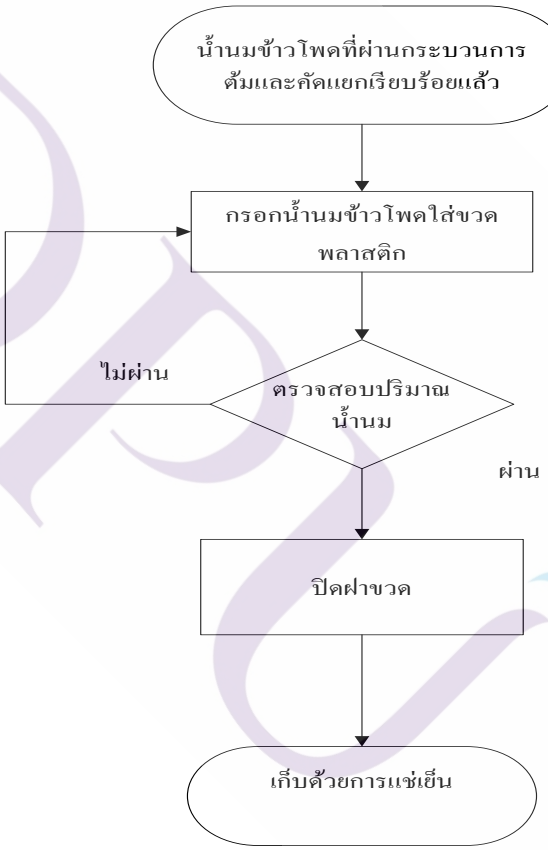
3.2.1 พนักงานบรรจุน้ำนมข้าวโพดลงขวดพลาสติก

ภาพที่ 3.8 การบรรจุน้ำนมข้าวโพดโดยพนักงาน(ก่อนการปรับปรุง)

จากการศึกษากระบวนการในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดของบริษัทกรณีศึกษา ปัจจุบันกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดพลาสติก พนักงานจะเป็นผู้ดำเนินการ ตามภาพที่3.8 ซึ่งน้ำนมข้าวโพด 1 ถังใหญ่ สามารถบรรจุใส่ขวดพลาสติกได้ทั้งหมด 150 ขวด จากการทดสอบและเก็บข้อมูลในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดจำนวน 3 ถังใหญ่ สามารถบรรจุน้ำนมข้าวโพดได้ทั้งหมด 450 ขวด โดยใช้ระยะเวลาในการดำเนินการรวมทั้งหมด 16.20 นาที

3.2.2 กระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพด

1) กระบวนการการบรรจุน้ำนมข้าวโพด



ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการทำงานก่อนการปรับปรุงในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดใส่ขวด

ขั้นตอนการบรรจุก่อนการปรับปรุงคือพนักงานจะนำน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านการปรุงแต่งและคัดแยกกากเรียบร้อยใส่ถังบรรจุขนาดใหญ่หลังจากนั้นพนักงานจะใช้ภาชนะตักน้ำนมข้าวโพดเพื่อกรอกใส่ขวดพลาสติก ซึ่งขวดพลาสติกถูกจัดเรียงใส่ถาดพลาสติก โดยพนักงานจะกรอกน้ำนมข้าวโพดทีละ 1 ขวด หลังจากกรอกครบเต็มถาดพลาสติก พนักงานจะตรวจสอบด้วยสายตา ว่า

ระดับน้ำนมมีขนาดเท่ากันหรือไม่ หากระดับน้ำนมข้าวโพดมีปริมาณที่แตกต่างกันพนักงานจะนำมาใส่เพิ่มให้ได้ระดับที่ใกล้เคียงหรือเท่ากัน แต่หากปริมาณน้ำนมข้าวโพดมีระดับที่เท่ากันทั้งหมดแล้ว พนักงานจะนำน้ำนมข้าวโพดทั้งหมดไปที่กระบวนการถัดไปคือกระบวนการปิดฝาขวด

ภาพที่ 3.10 กระบวนการบรรจุก่อนการปรับปรุง

ตารางที่ 3.2 Flow process chart กระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพดก่อนการปรับปรุง

FLOW PROCESS CHART					
CHART NO. 1 SHEET NO. OF	**SUMMARY**				
ACTIVITY :การบรรจุน้ำนมข้าวโพด(ก่อนปรับปรุง)	**ACTIVITY**	PRESENT	PROPOSE	**SAVING**	
	OPERATION ○	12			
METHOD : PRESENT / PROPOSES	TRANSPORT ⇨	0			
LOCATION :	DELAY D	0			
OPERATOR (s)	INSPECTION □	1			
CHART BY. DATE :	STORAGE ▽	1			
APPROVED BY. DATE :	**DISTRANCE (ม)**				
	TIME วินาที	42			

DESCRIPTION	TIME วินาที	**DIST. เมตร**	**SYMBOL** ○	⇨	D	□	▽	**REM**
1. ตักน้ำนมข้าวโพด	4		✖					
2. เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 1	3		✖					
3. เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 2	3		✖					
4. เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 3	3		✖					
5.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 4	3		✖					
6.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 5	3		✖					
7.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 6	3		✖					
8.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 7	3		✖					
9.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 8	3		✖					
10.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 9	3		✖					
11.เทน้ำนมข้าวโพดใส่ขวดที่ 10	3		✖					
12.ตรวจสอบปริมาณ	1					✖		
13.ปิดฝา	2		✖					
14.นำไปเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ	5						✖	
รวม	42		12	0	0	1	1	

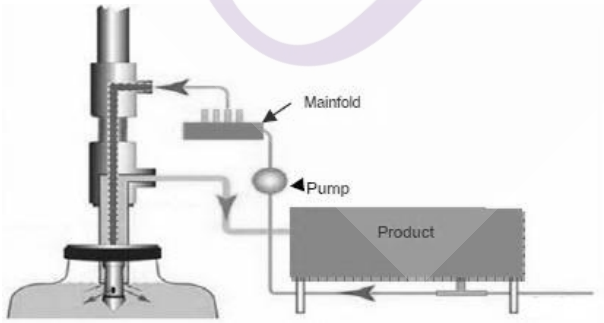
จากตารางที่ 3.2 แสดงถึงขั้นตอนในการบรรจุทั้งหมด 14 ขั้นตอนเวลารวม 42 วินาที ดังต่อไปนี้

1) ○ขั้นตอนการปฏิบัติงาน 12 ขั้นตอน ใช้เวลา 36 วินาที
2) □ ขั้นตอนการตรวจสอบ 1 ขั้นตอน ใช้เวลา 1 วินาที
3) ▽ ขั้นตอนในการนำไปจัดเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ 1 ขั้นตอน ใช้เวลา 5 วินาที

3.3 แนวทางการแก้ปัญหา

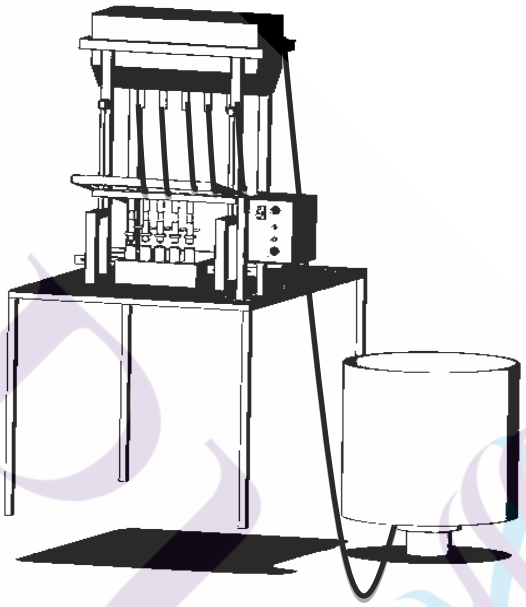
จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพดทางผู้วิจัยได้นำปัญหาดังกล่าว มาหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข โดยได้ทำการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดแบบแกรวิตี้ เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปขนาดจึงมุ่งเน้นเครื่องจักรที่ดูแลรักษาทำความสะอาดง่ายและต้นทุนการผลิตต่ำ

เนื่องจากน้ำนมข้าวโพดมีอายุในการเก็บรักษาสั้น จึงทำให้กระบวนการนี้ต้องใช้เวลาในการดำเนินการที่เร็วที่สุด จากการนำเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดไปใช้ในกระบวนการผลิตสามารถลดเวลาในกระบวนการผลิต ส่งผลให้การจัดเก็บน้ำนมข้าวโพดในห้องเก็บควบคุมอุณหภูมิทำได้รวดเร็วขึ้น ลดการปนเปื้อนของน้ำนมข้าวโพดในขณะที่บรรจุเนื่องจากมีระยะเวลาที่น้ำนมข้าวโพดอยู่ในกระบวนการบรรจุที่สั้นลง ลดความเมื่อยล้าจากการทำงานของพนักงาน ทำให้น้ำนมข้าวโพดที่ผลิตเสร็จเรียบร้อยสามารถจัดส่งถึงผู้บริโภคได้เร็วขึ้น ผู้บริโภคสามารถเก็บน้ำนมข้าวโพดไว้บริโภคได้นานมากขึ้น



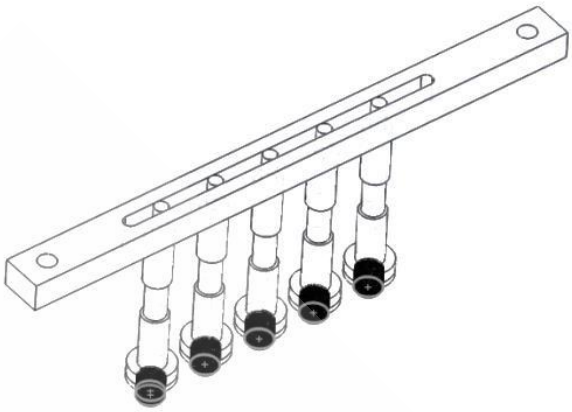
ภาพที่ 3.11 จำลองหลักการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำแบบแกรวิตี้

ระบบการทำงานแบบระบบแรงโน้มถ่วง (Time Gravity Filler) ผลิตภัณฑ์จะถูกปั๊มน้ำดูดไปพักไว้ในถังพักด้านบนของหัวบรรจุเพื่อรอการบรรจุ โดยที่หัวบรรจุจะเปิดให้ผลิตภัณฑ์ไหลลงขวดเมื่อพนักงานเอามือจับที่ด้ามจับและออกแรงกดจนกระทั่งสปริงที่ติดตั้งอยู่ที่หัวบรรจุยุบตัว และเมื่อสปริงยุบตัวลงรูน้ำออกที่ปลายหัวบรรจุจะเปิด ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในถังพักจะไหลตามท่อผ่านหัวบรรจุและไหลลงขวดพลาสติกซึ่งระดับของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุจะถูกกำหนดระดับปริมาณด้วยรูน้ำล้น หมายถึงเมื่อผลิตภัณฑ์ไหลลงขวดพลาสติกจนถึงระดับรูน้ำล้นเรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่วนเกินจะไหลกลับตามท่อกลับไปยังถังบรรจุใหญ่อีกครั้ง



ภาพที่ 3.12 การออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

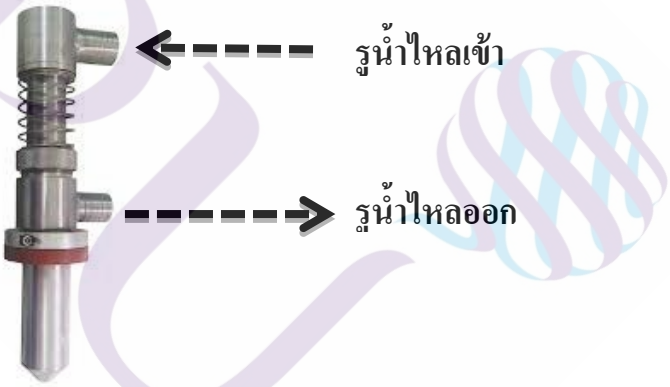
จากภาพที่ 3.12 ภาพรวมของการออกแบบเครื่องบรรจุน้ำแบบแกรวิตี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบลักษณะการทำงานของเครื่องให้มีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ 5 หัวบรรจุ โดยเครื่องบรรจุจะทำงานร่วมกับพนักงานโดยที่พนักงานจะเป็นผู้ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ในส่วนของเซนเซอร์ที่ใช้ในการควบคุมปริมาณของผลิตภัณฑ์ ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณด้านในของถังพัก เซนเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจสอบปริมาณผลิตภัณฑ์ หากผลิตภัณฑ์อยู่ต่ำกว่าระดับที่กำหนด ระบบจะรับคำสั่งจากเซนเซอร์ หลังจากนั้นระบบควบคุมจะสั่งให้ปั๊มน้ำทำงาน ปั๊มน้ำจะดูดผลิตภัณฑ์ใส่ถังพักจนถึงระดับที่กำหนด ปั๊มจึงหยุดการทำงาน



ภาพที่ 3.13 การออกแบบหัวบรรจุให้สามารถบรรจุได้หลายขนาด

การออกแบบหัวบรรจุแบบแกรวิตี้ ผู้วิจัยออกแบบการติดตั้งหัวบรรจุให้สามารถปรับระดับความกว้างตามขนาดของขวดหลักการคือ นำแผ่นแสตนเลสที่มีความหนา 10 mm เจาะรูขนาด 8 mm ตรงกลางยางโดยเว้นระยะหัวท้ายข้างละ 5 mm ซึ่งหัวบรรจุแต่ละหัวจะมีขาล็อคมีลักษณะโค้งเป็นรูปตัวยู ใช้ยึดระหว่างกระบอกให้ติดกับแผ่นเหล็ก โดยที่ปลายด้านซ้ายและด้านขวาตัวยูจะมีเกลียวใส่น็อตยึดเพิ่มความแข็งแรง ซึ่งการปรับตั้งระยะของหัวบรรจุพนักงานสามารถปรับขนาดได้ตามขนาดของขวดพลาสติก หากบริษัทมีการปรับเปลี่ยนขนาดของบรรจุภัณฑ์ พนักงานสามารถปรับไปทางด้านซ้ายหรือขวาดังแสดงในภาพที่ 3.13

ภาพที่ 3.14 หัวบรรจุสามารถปรับหัวให้เข้ากับระยะของขวดพลาสติก



ภาพที่ 3.15 การทำงานของหัวบรรจุน้ำเครื่องแกรวิตี้

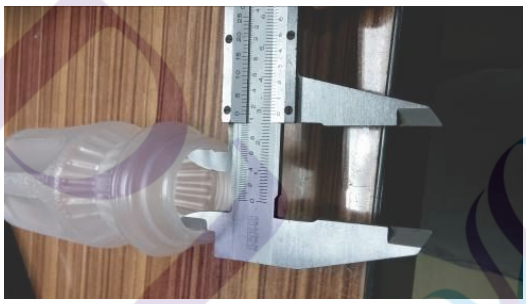
จากภาพที่ 3.15 หัวบรรจุจะออกแบบให้มีรูสำหรับน้ำไหลเข้าและรูสำหรับน้ำไหลออก ซึ่งทางน้ำไหลเข้าจะมีท่อเชื่อมต่อกับถังพักน้ำด้านบน เมื่อเริ่มทำการบรรจุน้ำนมข้าวโพดจะไหลตามท่อลงขวดพลาสติกจนถึงระดับรูน้ำล้น เมื่อน้ำนมข้าวโพดไหลจนถึงระดับรูน้ำล้น น้ำนมข้าวโพดจะไหลออกตามรูน้ำออกไหลตามท่อเพื่อกลับไปสู่ถังใหญ่อีกครั้ง เพื่อรอการบรรจุใหม่อีกครั้ง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การออกแบบและพัฒนาเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด 5 หัวบรรจุ กึ่งอัตโนมัติ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดขั้นตอนและเวลาการปฏิบัติงานในกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพด ซึ่งในเนื้อหาผู้วิจัยแสดงรายละเอียดการออกแบบและระบบการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

4.1 การวิจัยขนาดบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการ

4.1.1 วัดขนาดของขวดพลาสติกที่ใช้บรรจุน้ำนมข้าวโพด



ภาพที่ 4.1 การวัดขนาดของขวด

การวัดขนาดของขวดพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุน้ำนมข้าวโพด อุปกรณ์ที่ใช้วัดขนาดคือเวอร์เนียร์ เพราะอุปกรณ์ชนิดนี้แสดงค่าได้อย่างละเอียดโดยขั้นตอนแรกคือวัดขนาดของปากขวด ความกว้าง และความสูงของขวดพลาสติก เพื่อออกแบบขนาดของท่อแสตนเลสที่ใช้ในการบรรจุ ซึ่งในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงการใช้งานที่หลากหลายขนาด สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวชนิดอื่น

4.1.2 ขั้นตอนในการวัดขนาดตะกร้าพลาสติกบรรจุ

ภาพที่ 4.2 การจัดเรียงขวดพลาสติกลงตะกร้าพลาสติกก่อนการบรรจุ

กระบวนการนี้เป็นการวัดขนาดความกว้าง และความสูง ของถาดที่ใช้บรรจุ เพื่อกำหนดขนาดความกว้างของตัวเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด ในการบรรจุน้ำนมข้าวโพดของบริษัทกรณีศึกษา มีขั้นตอนในการเตรียมการก่อนการบรรจุคือพนักงานนำขวดพลาสติก เรียงใส่ในตะกร้าบรรจุก่อนการบรรจุ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องวัดขนาดของตะกร้าที่ใช้บรรจุเพื่อให้ทราบถึงขนาดที่ชัดเจนเพื่อนำไปออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

4.1.3 การออกแบบหัวบรรจุ

ในการออกแบบหัวบรรจุน้ำนมข้าวโพดผู้วิจัยได้ออกแบบหัวบรจุให้สามารถถอดประกอบได้ โดยวัสดุที่ใช้ต้องปลอดภัยต่อผู้บริโภค สามารถแสดงชิ้นส่วนของหัวบรรจุได้ดังต่อไปนี้

1) ท่อบรรจุชิ้นนอก

ภาพที่ 4.3 ท่อบรรจุชิ้นนอก

ท่อบรรจุชิ้นนอก ทำจากแสตนเลสเบอร์ 304 มีลักษณะเป็นท่อกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 27 mm โดยปลายกระบอกท่อบรรจุชิ้นนอก ออกแบบให้ด้านปลายมีเกลียวโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถปรับระดับความสูง หรือต่ำของระดับบรรจุได้ โดยมีแหวนสองตัวประกบเพื่อล็อคไม่ให้ระดับเคลื่อนที่ได้ในขณะบรรจุ โดยที่ปลายท่อบรรจุเชื่อมต่อด้วยท่อขนาดเล็ก เพื่อเป็นท่อสำหรับน้ำไหลกลับ ซึ่งท่อเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ความยาว 8 cm

2) ท่อบรรจุชิ้นใน

ภาพที่ 4.4 ท่อบรรจุชิ้นใน

ท่อบรรจุชิ้นใน วัสดุทำจากแสตนเลสเบอร์ 304 มีลักษณะเป็นท่อแสตนเลสทรงกระบอกยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 mm ยาว 380 mm โดยปลายท่อกลึงแสตนเลสให้มีความกว้าง 27.5 mm เพื่อล็อคไม่ให้ท่อชิ้นในยุบตัวเข้าไปในท่อชิ้นนอกระหว่างบรรจุ และด้านปลายท่อเจาะรูขนาด 8 mm ทะลุสองด้าน เพื่อให้น้ำไหลออกได้สองด้าน

3) แหวนล็อคลูกยาง

ภาพที่ 4.5 แหวนล็อคลูกยาง

แหวนล็อคลูกยาง วัสดุทำจากแสตนเลส 304 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 mm รูด้านใน 27.5 mm มีความหนา 7 mm ใช้ล็อคระหว่างสปริงกับตัวกระบอกไม่ให้เคลื่อนตัวไปด้านซ้ายหรือขวา โดยส่วนนี้เป็นส่วนสำคัญ ถ้าการติดตั้งหัวบรรจุยึดกับตัวโครงสร้างไม่แน่นพอ จะส่งผลต่อการบรรจุอาจทำให้น้ำนมข้าวโพดไหลออกนอกขวดพลาสติก

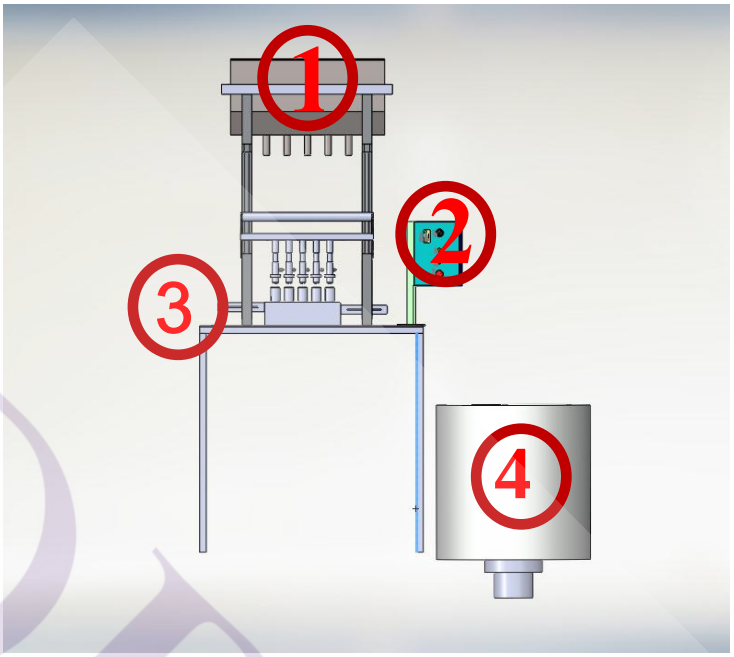
4) สปริงสแตนเลส

ภาพที่ 4.6 สปริงสำหรับรับแรงกดชิ้นงาน

สปริง ทำจากวัสดุแสตนเลส 304 ขนาดความหนาเส้นลวด 3 mm ความสูงของระยะสปริง 15 mm ควรเลือกสปริงให้เหมาะกับการใช้งาน เพราะขนาดของสปริงขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวบรรจุ ความยาว น้ำหนักในการกดมากหรือน้อย ดังนั้นควรออกแบบให้เหมาะสมกับขนาดของหัวบรรจุ เหตุผลที่ไม่สามารถระบุขนาดของสปริงชัดเจนได้ เนื่องจากการออกแบบของแต่ละบุคคลซึ่งขึ้นอยู่กับหลักการออกแบบ จึงทำให้ไม่สามารถกำหนดได้

4.2 ส่วนประกอบของโครงสร้าง ตัวเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด มี 4 ส่วนหลักดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.7 ส่วนประกอบของโครงสร้างเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

หมายเลข 1 ถังพัก ทำหน้าที่พักน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการปรุงแต่งเรียบร้อย เพื่อรอการบรรจุ ซึ่งกระบวนการนี้น้ำนมข้าวโพดตัวเครื่องจะมีปั๊มน้ำทำหน้าที่ดูดน้ำนมข้าวโพดส่งขึ้นไปบรรจุใส่ถังพักซึ่งถังพักติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของตัวเครื่องโดยที่ถังพักมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อให้การไหลของน้ำข้าวโพดไหลได้สะดวกมากยิ่งขึ้น ระหว่างถังพักกับหัวบรรจุเชื่อมต่อด้วยสายยางชนิดพิเศษ

หมายเลข 2 ระบบควบคุม ระบบควบคุมทำหน้าที่สำคัญคือ ทำหน้าที่ตรวจสอบระดับน้ำนมข้าวโพดในถังพัก หากระดับน้ำนมข้าวโพดในถังพักอยู่ต่ำกว่าระดับที่กำหนด เซนเซอร์จะส่งสัญญาณมาที่ชุดควบคุม หลังจากนั้นชุดควบคุมจะจ่ายกระแสไฟไปที่ปั๊ม ขั้นตอนต่อไปปั๊มน้ำจะดูดน้ำนมข้าวโพดเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำนมในถังพัก จนถึงระดับที่กำหนดไว้ ปั๊มน้ำจึงหยุดการทำงาน

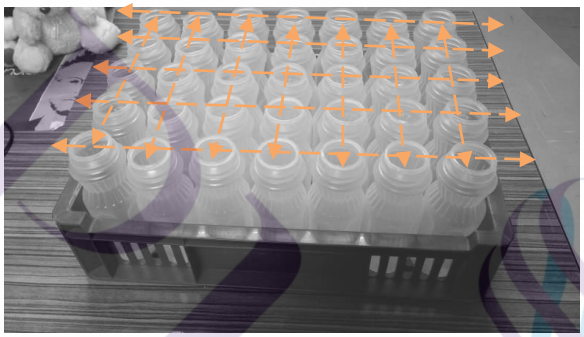
หมายเลข 3 โครงสร้าง ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดตั้งและเชื่อมต่อกับชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง เช่นด้ามกด หัวจ่าย ถังพัก ซึ่งในการออกแบบต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของโครงสร้าง

เพราะต้องรับน้ำหนักของน้ำนมข้าวโพด และการทำความสะอาดของชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

หมายเลข 4 ถังบรรจุน้ำนมข้าวโพดวัสดุทำจากแสตนเลส 340 ถังบรรจุน้ำนมข้าวโพดขนาดใหญ่จะตั้งไว้บริเวณด้านล่างของตัวเครื่อง ซึ่งสามารถบรรจุน้ำนมข้าวโพดได้ปริมาณมากโดยถังนี้จะถูกติดตั้งเข้ากับระบบปั๊มน้ำ เพื่อสูบน้ำนมข้าวโพดไปเก็บไว้ถังพักด้านบนเพื่อรอการบรรจุ

4.3 ขั้นตอนการบรรจุ

1) พนักงานนำขวดพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ เรียงใส่ตะกร้า ซึ่ง 1 ตะกร้าสามารถเรียงขวดพลาสติกได้ 35 ขวด ขวดพลาสติก 1 แถวสามารถเรียงได้ 5 ขวด 1 ตะกร้าสามารถบรรจุขวดพลาสิกได้จำนวน 7 แถวและสิ่งสำคัญก่อนการบรรจุพนักงานควรตรวจสอบปากขวดให้อยู่ในแนวตรงหรือใกล้เคียง



ภาพที่ 4.8 ทิศทางการเรียงขวดพลาสติก

2) พนักงานนำตระกร้าที่ใส่ขวดพร้อมสำหรับบรรจุ มาผ่านการบรรจุ โดยพนักงานจะนำตระกร้าที่บรรจุขวดมาใส่บริเวณกลางตัวเครื่อง โดยที่พนักงานจะใช้มือขวาจับที่ด้ามกด และมือซ้ายจับที่ตระกร้าน้ำนมข้าวโพด เพราะเวลาที่น้ำนมข้าวโพดบรรจุได้ปริมาณที่กำหนดเรียบร้อยพนักงานจะยกด้ามกดขึ้น และมือซ้ายจะดึงตระกร้าเลื่อนออกมา เพื่อเตรียมบรรจุในแถวถัดไป จนครบทุกแถว หรือจนกว่าน้ำนมข้าวโพดจะหมด

ภาพที่ 4.9 ลักษณะการใช้งานตัวเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

3) นำน้ำนมข้าวโพดที่บรรจุใส่ขวดพลาสติกเรียบร้อยแล้ว พนักงานจะตรวจสอบระดับน้ำนมข้าวโพดด้วยตาเปล่า หากระดับน้ำนมข้าวโพดที่บรรจุมีระดับที่เท่าหรือใกล้เคียงกัน พนักงานจะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป คือการปิดฝาขวดและสติ๊กเกอร์

ภาพที่ 4.10 น้ำนมข้าวโพดที่บรรจุเต็มขวดรอการปิดฝา

4.4 FLOW PROCESS CHART

หลังจากปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถลดขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 กระบวนการทำงานหลังการปรับปรุง

FLOW PROCESS CHART								
CHART NO. SHEET NO. OF	SUMMARY							
ACTIVITY : ลดขั้นตอนการบรรจุน้ำนมข้าวโพด(หลังการปรับปรุง)	ACTIVITY		PRESENT	PROPOSE	SAVING			
	OPERATION ○		12	3	9			
	TRANSPORT ⇨		0	0	0			
METHOD : PRESENT / PROPOSES								
LOCATION :	DELAY D		0	0	0			
OPERATOR (s)	INSPECTION □		1	0	1			
CHART BY. DATE :	STORAGE ▽		1	1	0			
APPROVED BY. DATE :	DISTRANCE (ม)							
	TIME นาที		42	13	29			
DESCRIPTION	TIME วินาที	DIST. เมตร	SYMBOL ○	⇨	D	□	▽	REM
1. กดเครื่องบรรจุครั้งที่ 1(จำนวน 5 ขวด)	3		✖					
2. กดเครื่องบรรจุครั้งที่ 2 (จำนวน 5 ขวด)	3		✖					
3. ปิดฝา	2		✖					
4. นำไปเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ	5						✖	
รวม	13		3	0	0	0	1	

จากตารางที่ 4.1 แสดงกระบวนการทำงานหลังการปรับปรุงดังต่อไปนี้

○ ก่อนปรับปรุงกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพด 10 ขวด 12 ขั้นตอน หลังปรับปรุงเหลือขั้นตอนในกรบรรจุ 3 ขั้นตอน

□ ก่อนการปรับปรุงกระบวนการปิดฝาขวด 1 ขั้นตอน หลังปรับปรุง 1 ขั้นตอน

▽ ก่อนการปรับปรุงกระบวนการนำน้ำข้าวโพดที่บรรจุและปิดฝาเรียบร้อยแล้วไปเก็บในห้องควบคุมอุณหภูมิ ขั้นตอนนี้ยังคงเหลือ 1 ขั้นตอนเช่นเดิมสามารถลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต ได้ 29 วินาที/35ขวด

การบรรจุของเครื่องสามารถบรรจุได้ทั้งหมด 5 ขวด ต่อการกดด้ามบรรจุ 1 ครั้งซึ่งในการบรรจุใช้เวลา 3 วินาที(ขึ้นอยู่กับความชำนาญของพนักงาน) ลักษณะของการออกแบบการติดตั้งหัวบรรจุ ออกแบบให้สามารถปรับระดับของขนาดขวดได้ หากพนักงานต้องการเปลี่ยนขนาดของขวด ซึ่งขวดอาจจะมีขนาดที่สูงกว่า หรือปากขวดเล็กกว่า สามารถปรับระดับสูงต่ำเพื่อกำหนดประมาณของน้ำนมข้าวโพดได้ โดยการทำงานของหัวบรรจุคือ เมื่อพนักงานออกแรงกระทำที่ด้ามกด จนสปริงที่ล็อคหัวบรรจุยุบตัวลงโดยที่จะสังเกตุได้จากรูที่ปลายของหัวบรรจุเปิด น้ำนมข้าวโพดจะไหลลงขวด และเมื่อน้ำนมข้าวโพดเต็มขวด น้ำนมข้าวโพดส่วนที่เกินจะไหลตามรูน้ำไหลออกโดยน้ำนมข้าวโพดจะไหลกลับไปที่ถังใหญ่อีกครั้ง

ภาพที่ 4.11 กระบวนการบรรจุด้วยเครื่องบรรจุ 5 หัว

4.5 การทดสอบและชั่งน้ำหนัก

หลังจากทำการทดสอบการทำงานของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด ทางผู้วิจัยได้นำน้ำนมข้าวโพดที่ผ่านการบรรจุเรียบร้อยมาบันทึกค่าน้ำหนักที่ได้เพื่อเก็บข้อมูล และเพื่อนำข้อมูลที่ได้ใช้ประกอบการวิจัยครั้งนี้ ดังภาพที่ 4.12

ภาพที่ 4.12 น้ำนมข้าวโพดที่บรรจุด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก

หลังจากปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยบรรจุน้ำนมข้าวโพดด้วยเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ 5 หัวบรรจุ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักของน้ำนมข้าวโพดในแต่ละขวดเพื่อจดบันทึกค่าที่ได้และนำมาวิเคราะห์ผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรม minitap วิเคาะห์ค่า I - MR Chart ซึ่งในการทดสอบได้ทำการเก็บข้อมูล น้ำนมข้าวโพด จำนวน 70 ขวด

จากการทดสอบบรรจุน้ำนมข้าวโพด ผู้วิจัยได้นำน้ำนมข้าวโพดที่บรรจุเรียบร้อยแต่ไม่ได้ปิดฝาขวด มาชั่งน้ำหนักเพื่อนำข้อมูลในการทดสอบ จำนวน 70 ขวด มาวิเคราะห์ผลได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักน้ำนมข้าวโพด จำนวน 70 ขวด

ขวดที่	1	2	3	4	5	6	7
น้ำหนัก	286.8	285.1	286.2	289.1	288.2	288.5	288.9
ขวดที่	8	9	10	11	12	13	14
น้ำหนัก	288.7	286.5	285.5	289.2	289	289	289
ขวดที่	15	16	17	18	19	20	21
น้ำหนัก	286.8	286.2	285.2	287.3	288.5	287.3	286
ขวดที่	22	23	24	25	26	27	28
น้ำหนัก	286.6	283.6	285.1	287.1	288.1	287	288.3
ขวดที่	29	30	31	32	33	34	35
น้ำหนัก	286.5	283.3	285.6	286.9	287.3	285	287.1
ขวดที่	36	37	38	39	40	41	42
น้ำหนัก	285.1	284.6	288.2	285.8	288.1	287.2	287.7
ขวดที่	43	44	45	46	47	48	49
น้ำหนัก	285.9	286.1	286.1	287.2	288.6	287.5	288.8
ขวดที่	50	51	52	53	54	55	56
น้ำหนัก	286.2	285.9	285.8	287.4	287.9	287.2	289.1
ขวดที่	57	58	59	60	61	62	63
น้ำหนัก	285.1	286.6	285.2	285.4	287.5	287.2	287.3
ขวดที่	64	65	66	67	68	69	70
น้ำหนัก	285.6	285.7	287.2	285.4	287.2	286.9	288.5

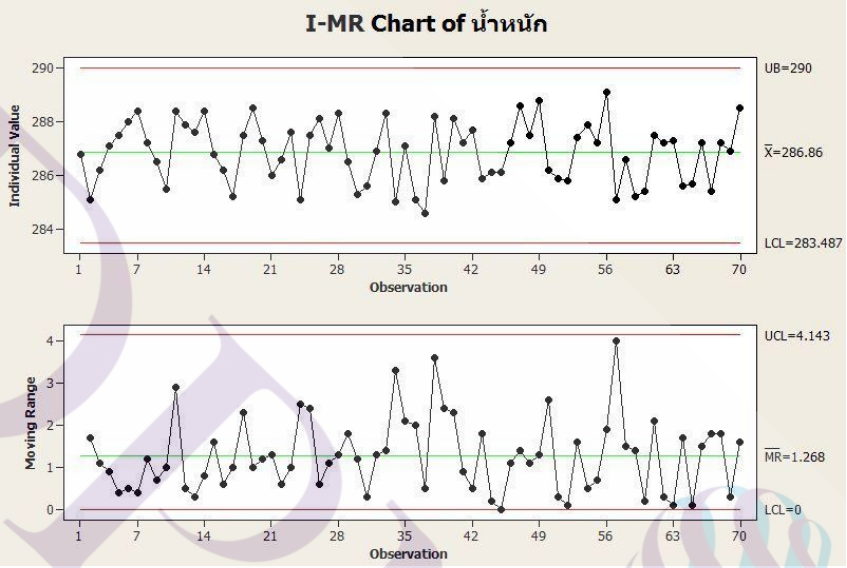
จากตารางที่ 4.2 จากการทดสอบและเก็บข้อมูลค่าน้ำหนักที่ได้ทางผู้วิจัยได้ทำการบันทึกการจับเวลางานย่อยของการใช้เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด ทั้งหมดจำนวน70 ครั้งการทดลอง จากการคำนวณหาจำนวนชุดตัวอย่างข้อมูล ค่า n ที่ได้คือ

$$n = \left(\frac{40\sqrt{(70x5761200)-20081.7^2}}{20081.7} \right)^2 \quad (4.1)$$

$$n = 0.036$$

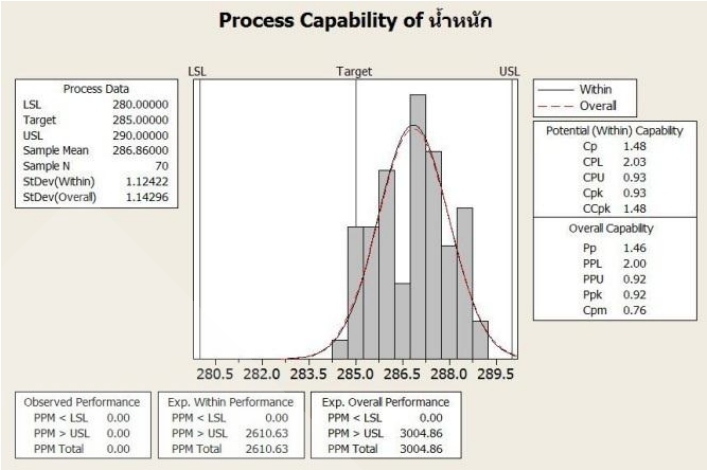
จากสมการ n มีค่าท่ากับ 0.036 หรือ ต้องมีการเก็บผลทดลองจำนวน 1 ครั้ง ที่ค่าความเชื่อมั่น 95% ซึ่งมากกว่าที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าจำนวนชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยบันทึกผลไว้เพียงพอ

จากข้อมูลการทดสอบและเก็บข้อมูลโดยค่าน้ำหนักกำหนดที่ 285 กรัม เขตควบคุมบนกำหนดที่ 290 กรัม และเขตควบคุมล่างกำหนดที่ 280 กรัม จากผลการทดสอบ สามารถนำผลการชั่งน้ำหนักมาคำนวณด้วยโปรแกรม minitap แสดงค่า I - MR Chart ได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.13 I-MR Chart

จากผลการทดลอง แสดง I-MR Chart ได้ดังภาพที่ 4.13 จากการบรรจุน้ำนมข้าวโพด ค่าเฉลี่ยและความผันแปรของกระบวนการอยู่ภายในการควบคุม (มีความเสถียร) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เท่ากับ 286.86 ไม่มีค่าที่อยู่นอกเหนือค่าพิกัดควบคุม (Out of control)



ภาพที่ 4.14 Process Capability

ดัชนีค่าความสามารถของกระบวนการ(Cp) มีค่ามากกว่า 1.33 ถือว่ากระบวนการมีความสามารถ จากแผนภูมิดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่าค่าน้ำหนักที่ได้นั้นมีค่าใดที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของเขตควบคุมบน และเขตควบคุมล่าง จากแผนภูมิดังกล่าวแสดงให้ว่าค่าน้ำหนักส่วนมากที่ได้นั้นจะอยู่ทางเขตควบคุมบน (USL)

4.6 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสร้างเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

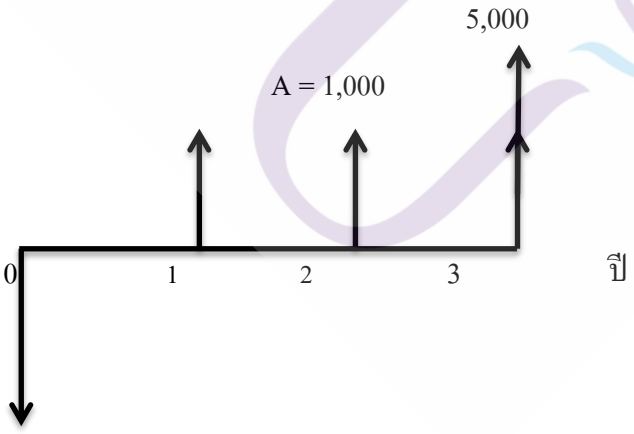
ดับที่	รายการ	รายได้	รายจ่าย
1	เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด		45,000
2	ลูกยางกันน้ำรั่ว+สปริงแสตนเลส/ปี		175
3	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของเครื่องบรรจุ/ปี		825
4	ผลประหยัดค่าแรงงาน เนื่องจากลดจำนวนพนักงานได้ 1คน(ค่าแรงงาน 300 บาท/วัน)	93,600	
รวม		93,600	46,000

4.7 การวิเคราะห์อัตราผลการตอบแทน (IRR: Internal Rate of Return)

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง

รายการ	เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ
เงินลงทุนเริ่มต้น	45,000
ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง/ปี	1,000
มูลค่าซากเครื่องจักร(บาท)	5,000
ผลประหยัดค่าแรงงาน ที่ลดลงจำนวน 1 คน (ค่าแรงงานวันละ 300 บาท)	93,600
อายุการใช้งานของเครื่องจักร (ปี)	3

การลงทุนและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษาเพื่อให้เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยนำข้อมูลดังกล่าวมาคำนวณหาอัตราผลตอบแทนได้ดังต่อไปนี้



กำไรต่อปี = 93,600 - 1,000

= 92,600

กำหนดสมการ i = 198%

= 92,600(P/A,1.98%3)+5,000(P/F1.98%3)-45,000

= 92,600(0.037)+5,000(0.485)-45,000

= 189.36

กำหนดสมการ i = 199%

0 = 92,600(P/A,1.99%3)+5,000(P/F,1.99%3)-45,000

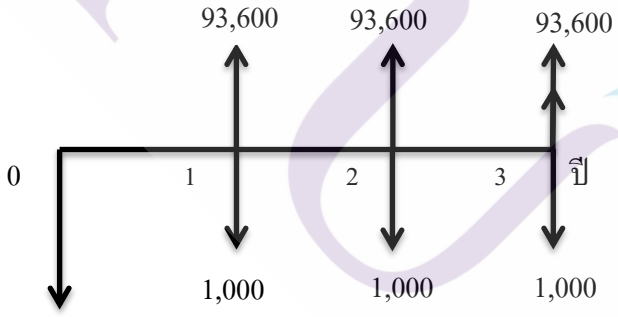
= 92,600(0.48)+5,000(0.37)-45,000

= -21.07

อัตราผลตอบแทน I $= 189 + \left(\frac{199-189}{189.36 + 21.07} \right) x(189.36-0)$

= 198.89%

จากการคำนวณพบว่าเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติให้อัตราผลตอบแทนที่ 198.89%



ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน $= \frac{45,000}{282,800/3}$

= 0.47

นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาหา จำนวนวันและเดือนที่คืนทุนของเครื่องจักร

คำนวณหาจำนวนเดือน 0.47x12 = 5.6

คำนวณหาจำนวนวัน 0.6x30 = 18

ระยะเวลาคืนทุนของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดที่ 5 เดือน 18 วัน

DPU

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษา ในกระบวนการผลิตน้ำนมข้าวโพด และรวบรวมข้อมูลการผลิต ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิต นำมาเป็นแนวพิจารณาแก้ไขในกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพด โดยปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพด หลังจากปรับปรุงแก้ไขโดยการออกแบบเครื่องมือมาช่วยในกระบวนการส่งผลให้พนักงานทำงานได้รวดเร็วขึ้นโดยปัญหาดังกล่าว ได้นำการศึกษาการทำงานมาใช้ในกระบวนการ

ผลการดำเนินงานหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต ได้มีการสรุปผลการศึกษาพร้อมด้วยข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อมูลที่เป็นประ โยชน์ให้กับบริษัทกรณีศึกษา สามารถนำไปปรับปรุงกระบวนการอื่นๆ ภายในบริษัท โดยมีวัตถุประสงค์สำคัญคือเพิ่มผลิตภาพ ลดเวลาในกระบวนการผลิต

จากผลการดำเนินการสร้างเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ 5 หัวบรรจุหลังจากติดตั้งในโรงงานเรียบร้อยแล้ว สามารถเพิ่มผลิตภาพในกระบวนการผลิตดังที่จะแสดงในเนื้อหาดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพด 5 หัวบรรจุ กึ่งอัตโนมัติ มีกระบวนการผลิตที่ง่ายและลดระยะเวลาในการบรรจุได้ 83.62 % ซึ่งจากเดิมการบรรจุน้ำข้าวนมข้าวโพดหนึ่งครั้ง 35 ขวดกำลังการผลิตที่ใช้คนเป็นผู้บรรจุ ใช้เวลา 143.15 วินาทีต่อน้ำนมข้าวโพด 35 ขวด หลังจากออกแบบเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดและทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตสามารถช่วยปรับเวลาในการบรรจุเป็น 23.44 วินาที กำลังความสามารถในการบรรจุได้ 35 ขวด ทำให้มีระยะเวลาที่ลดลงก่อนการปรับปรุงใช้เวลา 143.15 วินาที หลังการปรับปรุงเป็น 23.44 วินาที คิดเป็นร้อยละ 83.62 %

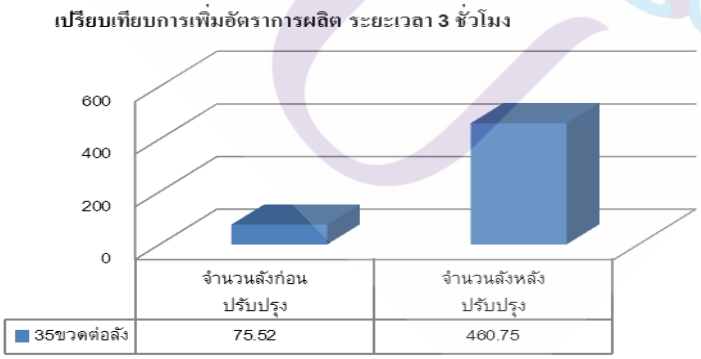
จำนวนพนักงานซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพดใช้พนักงานในการบรรจุจำนวน 2 คน หลังจากปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่ ทำให้กระบวนการบรรจุน้ำนมข้าวโพดใช้พนักงาน 1 คน ในการดำเนินการ ทำให้โรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ได้

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบเวลาการทำงานของเครื่องจักรกับคน

รายการ	เวลาที่ใช้ (วินาที)
คน	143.15
เครื่องจักร	23.44
เวลาลดลง	119.71

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดสอบการใช้เครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ 5 หัวบรรจุสามารถเพิ่มอัตราการผลิตโดยจับเวลาการทำงานที่ 3 ชั่วโมง การบรรจุโดยใช้พนักงานบรรจุแบบเดิมได้ปริมาณน้ำนมข้าวโพดจำนวน 75.52 ลัง หลังจากทำการปรับปรุงกำลังการผลิตโดยใช้เครื่องบรรจุกึ่งอัตโนมัติ 5 หัวบรรจุ สามารถบรรจุน้ำนมข้าวโพดได้เพิ่มขึ้น 460.75 ลัง ดังแสดงในภาพที่ 5.1



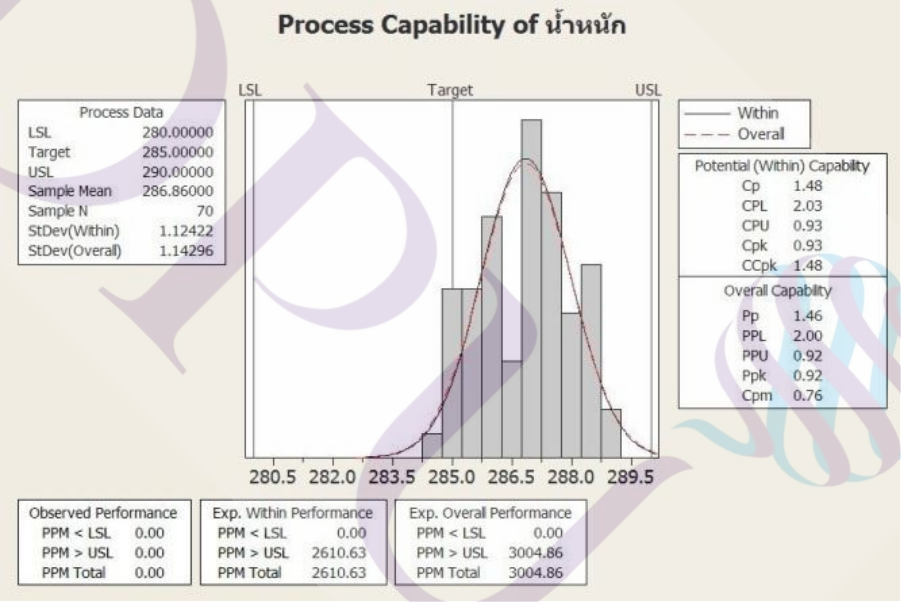
ภาพที่ 5.1 เปรียบเทียบการเพิ่มของอัตราการผลิตก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

5.3 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1) ในการวิจัยกรณีศึกษานี้ สามารถนำไปใช้กับธุรกิจบรรจุน้ำดื่ม หรือเครื่องดื่มในธุรกิจ SME ที่ต้องการเครื่องจักรที่มีราคาถูกกว่าท้องตลาด โดยที่ประสิทธิภาพในการผลิตภาพเทียบเท่า

2) ควรจัดทำแผนการการทำความสะอาดและปรับปรุงสภาพเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพก่อนการทำงานเสมอ

3) จากผลการวิจัย ค่าความสามารถของกระบวนการ (Cp) มีค่ามากกว่า 1.33 (ดังรูปที่ 5.2)ซึ่งถือว่ากระบวนการมีความสามารถ จากแผนภูมิดังกล่าวจะแสดงถึงค่าน้ำหนักที่แสดงให้ว่าค่าน้ำหนักส่วนมากที่ได้นั้นจะอยู่ทางเขตควบคุมบน (USL) แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าความสามารถที่สัมพันธ์กับค่าเฉลี่ย (Cpk) ได้เท่ากับ 0.93 ซึ่งต่ำกว่า 1.33 จากการพิจารณาพบว่าอาจเกิดจากปัจจัยของอุณหภูมิของน้ำนมข้าวโพดขณะบรรจุ



ภาพที่ 5.2 Process Capability

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

จักรพันธ์ เดชนครินทร์.(2553).*การศึกษาหาปัจจัยที่หมาะสมและมีผลต่อความหนาของการขึ้นรูปแบบสุญญากาศ.วิศวกรรมคุณค่า*.(วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตย์).เชียงใหม่:

พิทธพันธ์ พิทักษ์.(2552). *การศึกษากระบวนการการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตกรณีศึกษาอุตสาหกรรมล้างขวด*.(วิทยานิพนธ์ปริญามหาบัณฑิตย์). สงขลา:

สิริชัย สุรัตนชัยการ (2555). *การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรมในการเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องบรรจุยา*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ:

เอกรัฐชัย ยวดยิ่ง (2551).*การใช้เทคนิคการศึกษาการทำงานสำหรับการเพิ่มผลิตภาพการผลิตพาเลทเหล็ก*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2537) *การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น

ดำรงศักดิ์ ชัยสนิท. (2537). *การบรรจุภัณฑ์*. กรุงเทพฯ: ดอกหญ้า.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. (2535). *การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

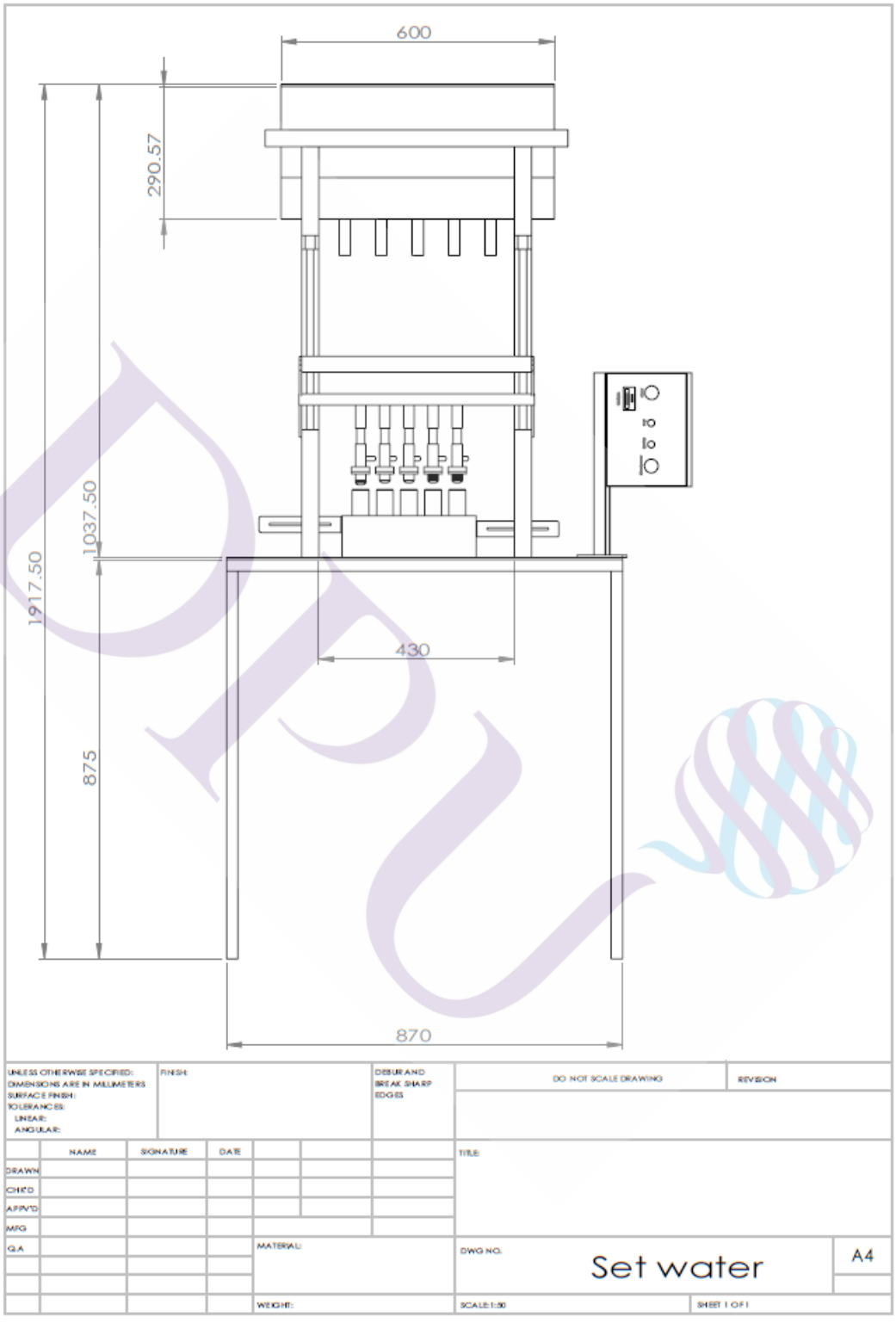
วันชัย ริจิรวนิช.(2551). *การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

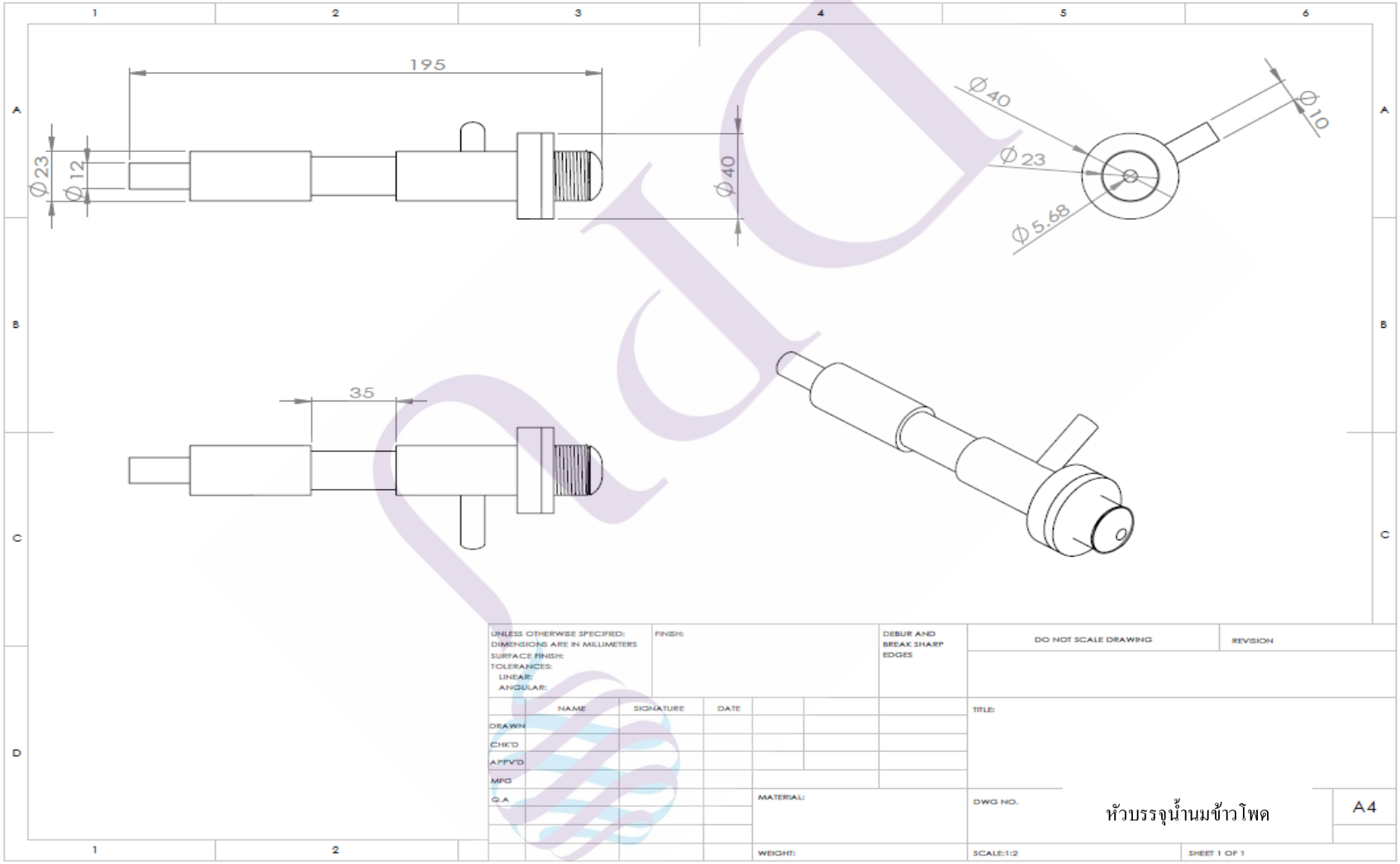
ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี.(2547). *Solid Works Advanced Part and Assembly*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ศุภชัย นาทะพันธ์. (2541). *การควบคุมคุณภาพ (Quality Control)*. พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชัน.

ภาคผนวก

ระบบโครงสร้างของเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ





หัวจ่ายเครื่องบรรจุน้ำนมข้าวโพดกึ่งอัตโนมัติ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	รุ่งเพชร สุวรรณ
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2552 สาขาการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	
พ.ศ.2553-ปัจจุบัน	วิศวกรหุ่นยนต์และวิจัย หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยี หุ่นยนต์และนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ประสบการณ์ ผลงานทางวิชาการ รางวัลหรือทุนการศึกษา	
2553-2554	ทุนศิษย์เก่าจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ 100 เปอร์เซ็นต์
2555	- ตัวแทนประเทศไทยเข้าแข่งขัน Solchiro Honda Cup 2012 ณ ประเทศญี่ปุ่น - ตัวแทนประเทศไทยเข้าแข่งขัน Shell Eco Marathon Asia 2012 ณ มาเลเซีย - รางวัล Grand prize Alternative Gasoline การแข่งขัน Shell Eco Marathon Asia 2012 ณ มาเลเซีย - รางวัลชนะเลิศการแข่งขั้นรถประหยัดน้ำมัน Honda Mileage Challenge 2012
2554	- ตัวแทนประเทศไทยเข้าแข่งขัน Shell Eco Marathon Asia 2011 ณ มาเลเซีย - รางวัล Grand prize Alternative Gasoline การแข่งขัน Shell Eco Marathon Asia 2011 ณ มาเลเซีย
2553	- ตัวแทนประเทศไทยเข้าแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon ณ ประเทศอียิปต์ - รางวัลชนะเลิศอันดับที่ 1 การแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2010 - รางวัลชนะเลิศอันดับที่ 1 ระดับอุดมศึกษาในการแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon 2010
2552	- ตัวแทนประเทศไทยเข้าแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon ณ ประเทศญี่ปุ่น - รางวัลชนะเลิศอันดับที่ 1 การแข่งขันหุ่นยนต์ ABU Robocon Thailand