การปรับปรุงวิธีการบรรจุวุ้นเส้นโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์

โดย

นายพงศ์ธร สุราวุฒิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การปรับปรุงวิธีการบรรจุวุ้นเส้นโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์

โดย

นายพงศ์ธร สุราวุฒิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

AN IMPROVEMENT OF VERMICELLI PACKING USING ERGONOMICS

BY

MR. PONGTON SURAWUT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING IN
INDUSTRIAL ENGINEERING

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายพงศ์ธร สุราวุฒิ

เรื่อง

การปรับปรุงวิธีการบรรจุวุ้นเส้นโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิรวรรณ คล้อยภยันต์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพงษ์ กิมะพงษ์)

คณบดี _____

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประภัสสร์ วังศกาญจน์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงวิธีการบรรจุวุ้นเส้นโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์
ชื่อผู้เขียน	นายพงศ์ธร สุราวุฒิ์
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ คล้อยภยันต์
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

ปัจจุบันพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์มีการบาดเจ็บเรื้อรังบริเวณมือ, ข้อมือ และแขน โดยมีสาเหตุจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำวิธีทางการยศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันด้วยการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานให้มีค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ และการบาดเจ็บลดลง โดยนำแผนภูมิการทำงานของมือซ้ายและมือขวามาบันทึกการทำงานของพนักงาน และประเมินท่าทางด้วยวิธี Rapid Upper Limb Assessment; RULA ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะงานในปัจจุบันมีค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยรวมอยู่ระดับ 4 หมายถึง มีปัญหาด้านการยศาสตร์ควรปรับปรุงแก้ไขทันที งานวิจัยนี้จึงปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงาน ตำแหน่งการทำงาน และสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน ผลการประเมินหลังการปรับปรุงการทำงานพบว่าค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์บริเวณมือ ข้อมือ และแขน มีค่าโดยรวมอยู่ระดับ 2 ซึ่งค่าที่ได้ลดลงเมื่อเทียบกับผลการประเมินก่อนปรับปรุงการทำงาน ทำให้โอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงานลดลงด้วยเช่นกัน พร้อมทั้งสามารถรวมสองสายการผลิตให้เป็นหนึ่งสายการผลิต และเวลาการทำงานในหนึ่งรอบลดลงจาก 4.35 วินาที เป็น 4 วินาที คิดเป็นร้อยละ 8.05 ส่งผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.75 ด้วย

คำสำคัญ: การยศาสตร์, การบรรจุ, วุ้นเส้น, การปรับปรุงการทำงาน, RULA

Thesis Title	AN IMPROVEMENT OF VERMICELLI PACKING USING ERGONOMICS
Author	Mr. Pongton Surawut
Degree	Master of Engineering
Department/Faculty/University	Industrial Engineering Faculty of Engineering Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant professor Dr. Jirawan Kloypayan
Academic Years	2015

ABSTRACT

Most of the operators in the vermicelli packing process in the studied company had chronic injury of their hands, wrists, and arms as a consequence of improper movement. This research aimed to improve the movement of operators based on ergonomics principle in order to reduce risks resulting to the injuries. Ergonomics posture evaluation (Rapid Upper Limb Assessment; RULA) and two hand operation chart were applied to analyst the risk factors of the operator's activities. It was found that the risk resulting to injury stay at level 4 which meant ergonomics issues should immediately be solved. The new vermicelli packing machine and working method by ergonomics consideration were implemented to the process. The results showed that the risk factors related to the hand, wrists and arms injuries caused by work intensity was decreased to level 2 Thus, the chance of those injuries from working would be drop as well. Moreover, the two production lines were combined to one, and the cycle time was reduced from 4.35 to 4 second (8.05%) which consequently increased 8.75% of productivity.

Keywords: Ergonomics, Packing process, Vermicelli, Improving process, RULA

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยได้รับคำแนะนำอย่างดียิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวรรณ คล้อยภยันต์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์นริศ เจริญพร ซึ่งท่านได้สละเวลาช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านคณะกรรมการสอบ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงษ์ ที่ร่วมให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณโรงงานผู้ผลิตวุ้นเส้น ที่ให้โอกาสเข้าไปศึกษากระบวนการบรรจุวุ้นเส้น พร้อมทั้งข้อมูลในการวิจัย รวมทั้งครูช่างภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน สำหรับคำแนะนำและช่วยเหลือมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้งานวิจัยนี้เป็นประโยชน์ต่อการศึกษาต่อไป

นายพงศ์ธร สุราวุฒิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 วิธีการดำเนินการ	2
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 การศึกษาวิธีการทำงานและเวลา	6
2.1.1 ความหมายของการศึกษางาน	6
2.1.2 เวลาการทำงาน	6

2.1.3 ขั้นตอนการศึกษางาน 7
2.1.3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิธีการทำงาน 7
2.1.3.2 ขั้นตอนการวัดผลงาน 8
2.1.4 การเก็บข้อมูล 9
2.1.5 แผนภูมิกระบวนการผลิต 10
2.1.6 แผนภูมิการทำงานของมือซ้ายและมือขวา 11
2.2 การยศาสตร์ 11
2.2.1 ความหมายของการยศาสตร์ 11
2.2.2 ความสำคัญของการยศาสตร์ 12
2.2.3 สาเหตุหลักของปัญหาด้านการยศาสตร์ 13
2.2.4 การประเมินภาระงานทางการยศาสตร์ 14
2.2.4.1 การประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง 14
2.2.4.2 การประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม 14
2.2.4.3 การประเมินภาระงานด้วยการสังเกต 14
2.2.5 รูปแบบและวิธีการประเมินภาระงานด้วยการสังเกต 15
2.2.5.1 วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS 15
2.2.5.2 วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA 16
2.2.5.3 วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA 17
2.3 การออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์ 19
2.3.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย 19
2.3.1.1 ความสำคัญของการวัดสัดส่วนร่างกาย 19
2.3.1.2 การประยุกต์สัดส่วนร่างกายในงานการยศาสตร์ 19
2.3.1.3 ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกาย 20
2.3.2 ท่าทางมาตรฐานตามหลักการยศาสตร์ 24
2.3.2.1 ท่าทางในการทำงานสำหรับบุคคลที่ยืนทำงาน 24
2.3.2.2 ท่าทางการทำงานสำหรับบุคคลที่นั่งเก้าอี้ 24
2.3.3 การจัดสถานที่ทำงาน 26
2.3.4 การออกแบบเก้าอี้ทำงาน 26

2.3.5 การออกแบบพื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่ง 27
2.3.5.1 ประเภทงานที่เหมาะสำหรับงานนั่ง 27
2.3.5.2 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ 27
2.3.5.3 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ 28
2.3.5.4 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง 28
2.3.5.5 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง 30
2.3.6 การออกแบบพื้นที่ทำงานสำหรับงานยืน 30
2.3.6.1 ประเภทงานที่เหมาะสมสำหรับงานยืน 30
2.3.6.2 พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวราบ 30
2.3.6.3 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานยืนในแนวราบ 30
2.3.6.4 พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง 31
2.3.6.5 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง 32
2.4 การออกแบบอุปกรณ์และเครื่องมือ 32
2.4.1 แรงเสียดทาน 32
2.4.2 ค่าความปลอดภัย 35
2.4.3 การเลือกขนาดกระบอกสูบ 35
2.4.4 การคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบลม 36
2.4.5 การหาค่าของกระบอกสูบลมจากตาราง 38
2.4.6 การหาความยาวช่วงชัก 39
2.4.7 อัตราความสิ้นเปลืองลม 41
2.4.8 ระบบควบคุมการทำงาน 42
2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องจักร 43
2.5.1 ระบบPLC 43
2.5.2 ระบบนิวเมติกส์ 44
2.5.3 เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ 45
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 46

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 49

3.1 การศึกษาขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น 49

3.2 การศึกษาการทำงานของพนักงาน 49
3.2.1 การศึกษาท่าทางการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น 49
3.2.2 การเก็บข้อมูลการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น 50
3.2.3 การวิเคราะห์ปัญหาการบาดเจ็บของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น 50
3.3 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 50
3.3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการศึกษาวิธีการทำงาน 50
3.3.2 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการยศาสตร์ 51
3.3.3 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการออกแบบ 51
3.3.4 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการศึกษาเวลา 51
3.4 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน 52
3.5 การเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา 52
3.6 การสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน 52
3.7 การประเมินและวัดประสิทธิภาพในการทำงาน 53
3.8 การวิเคราะห์และสรุปผล 53

บทที่ 4 ผลการวิจัย 54

4.1 ขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น 54
4.2 ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน 55
4.3 การทำงานของมือซ้ายและมือขวาและการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน 58
4.3.1 ขั้นตอนในการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน 58
4.3.2 ผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน 60
4.3.3 สรุปผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน 75
4.4 การปรับปรุงการทำงาน 77
4.5 การเลือกวัสดุอุปกรณ์ 82
4.5.1 การเลือกชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม 82
4.5.2 การเลือกขนาดกระบอกลม 84
4.6 ขั้นตอนการทำงานภายหลังการปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น 93

บทที่ 5 การประเมินหลังการปรับปรุง 104

5.1 ขั้นตอนในการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงาน 104
5.2 ผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงาน 105
5.3 การเปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงาน 121
5.4 สรุปผลการประเมินการปรับปรุงการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้น 124

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 127

6.1 บทสรุปงานวิจัย 127
6.2 ข้อเสนอแนะ 128

รายการอ้างอิง 129

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA 131
ภาคผนวก ข ภาพแสดงการทำงานของขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน 144
ภาคผนวก ค การประเมินท่าทางการทำงานแบบ RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน 150
ภาคผนวก ง โต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน 179
ภาคผนวก จ การประเมินท่าทางการทำงานแบบ RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุง 187

ประวัติผู้เขียน 211

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน	4
2.1 ความสูงที่เหมาะสมของพื้นผิวแบ่งตามลักษณะงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ	29
2.2 ความสูงที่เหมาะสมของพื้นผิวแบ่งตามลักษณะงานสำหรับงานยืนในแนวราบ	31
2.3 ความสัมพันธ์เกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ	36
2.4 ค่าแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม	38
2.5 การหาความยาวช่วงชักของก้านสูบ (L) ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบและภาระ	39
2.6 ความยาวช่วงชักสูงสุดที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรม	40
2.7 ค่าอัตราความสิ้นเปลืองลมต่อระยะชัก 1 เซนติเมตร	42
4.1 การทำงานของมือในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม	61
4.2 การทำงานของมือในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ	63
4.3 การทำงานของมือในขั้นตอนการพับวุ้น	66
4.4 การทำงานของมือในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น	68
4.5 การทำงานของมือในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์	70
4.6 การทำงานของมือในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย	73
4.7 สรุปผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบันทั้ง 6 ขั้นตอน	76
4.8 การหาความหนาของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม	83
4.9 ข้อมูลแรงดึงและแรงกดในแต่ละกรณี	85
4.10 ข้อมูลแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะพับแผงวุ้นเส้น	87
4.11 ข้อมูลแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะม้วนแผงวุ้นเส้น	89
4.12 ข้อมูลแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์	91
4.13 สรุปขนาดกระบอกสูบลม	92
4.14 ลำดับเวลาการทำงานและหน้าที่ของพนักงานทั้งสี่คนพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน	96
5.1 การทำงานของมือในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม	106

5.2 การทำงานของมือในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน 110
5.3 การทำงานของมือในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ 112
5.4 การทำงานของมือในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย 116
5.5 ค่าการประเมินการทำงานมือซ้าย มือขวา และลำตัว และค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานโดยใช้การวิเคราะห์ RULA ของพนักงานหญิง 3 ระดับความสูง 120
5.6 เวลาการทำงานของพนักงานก่อนปรับปรุงการทำงาน 121
5.7 รอบกระบวนการผลิต 122
5.8 เวลาการทำงานของพนักงานหลังปรับปรุงการทำงาน 123

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การแบ่งส่วนต่างๆของร่างกายในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS	16
2.2 การแบ่งส่วนต่างๆของร่างกายในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA	17
2.3 การแบ่งส่วนต่างๆของร่างกายในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA	18
2.4 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 1	20
2.5 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 2	21
2.6 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 3	22
2.7 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 4	23
2.8 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบของเพศหญิง	27
2.9 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบของเพศชาย	28
2.10 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง	29
2.11 พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง	31
2.12 มวลที่มีแรงดัน P ดึงไปบนพื้นราบ	33
2.13 แรงตัวแทนของแรงกระจาย $\mathbf{F_n}$ และ $\mathbf{N_n}$	33
2.14 ลักษณะการทำงานของระบบควบคุมแบบ Open-Loop	43
2.15 ลักษณะการทำงานของระบบควบคุมแบบ Closed-Loop	43
2.16 กระบอกสูบทางเดียว	44
2.17 โซลินอยด์วาล์ว	45
2.18 เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ	45
4.1 ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์	56
4.2 แผนผังแสดงการจัดวางสถานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการบรรจุ	57
4.3 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม	62
4.4 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม	62
4.5 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ	64

4.6 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ 64
4.7 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการพับวุ้นเส้น 67
4.8 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการพับวุ้นเส้น 67
4.9 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น 68
4.10 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น 69
4.11 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ 71
4.12 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ 71
4.13 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย 73
4.14 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย 74
4.15 ตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน 79
4.16 ขนาดโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน 80
4.17 จำลองพนักงานขณะปฏิบัติงานกับโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน 81
4.18 กระบอกลมสำหรับพับแผงวุ้นเส้น 86
4.19 กระบอกลมสำหรับม้วนแผงวุ้นเส้น (ภาพมองบน) 88
4.20 กระบอกลมสำหรับกดวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ 90
4.21 ต้นแบบโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน 94
4.22 จำลองการทำงานของพนักงานร่วมกับโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน 95
4.23 แผนผังแสดงการจัดวางสถานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการบรรจุหลังปรับปรุง 96
4.24 ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น 97
4.25 รางใส่บรรจุภัณฑ์ 98
4.26 กระบอกกดพับวุ้นเส้น 99

4.27 วุ้นเส้นหลังพับ 99
4.28 กระบอกดันแผงวุ้นเส้นเข้าทรงกระบอก 100
4.29 ทรงกระบอกเรียวขณะเตรียมกดบรรจุวุ้นเส้น 101
4.30 ทรงกระบอกเรียวขณะเตรียมกดบรรจุวุ้นเส้นด้านหน้า 101
4.31 พนักงานจับบรรจุภัณฑ์เพื่อรอรับวุ้นเส้น 102
4.32 ตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย 103
5.1 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้นน้ำหนัก 500 กรัม 107
5.2 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้นน้ำหนัก 500 กรัม 108
5.3 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานหลังปรับปรุงการทำงาน 111
5.4 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานหลังปรับปรุงการทำงาน 111
5.5 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ 113
5.6 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ 114
5.7 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย 117
5.8 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย 118
5.9 เปรียบเทียบค่าความเสี่ยงระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน 125

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
RULA	Rapid Upper Lime Assessment
OWAS	Ovako Working Posture Analysis System
REBA	Rapid Entire Body Assessment
PLC	Programmable Logic Controller

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันเป็นยุคที่มีการแข่งขันทางอุตสาหกรรมสูง ทำให้ผู้ผลิตต้องพยายามลดต้นทุนการผลิต ขณะเดียวกันต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพ และเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า เพื่อพัฒนาธุรกิจให้สามารถเป็นผู้นำของตลาดได้ โดยพนักงานเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญในการลดต้นทุนการผลิต และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้ โดยกำลังการผลิตสามารถเพิ่มขึ้นได้จากการที่พนักงานคนเดิมสามารถผลิตได้มากขึ้น ด้วยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน หรือใช้อุปกรณ์เสริม ช่วยให้ทำการผลิตได้ง่ายยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันต้นทุนการผลิตสามารถลดได้โดยมีปัจจัยหลักเช่น การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ การเปลี่ยนกรรมวิธีการผลิต และมีปัจจัยรองเช่น การลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการดำเนินงานของโรงงาน การลดต้นทุนสิ้นเปลือง การลดค่ารักษาพยาบาลจากการบาดเจ็บของพนักงาน เป็นต้น

สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตวุ้นเส้นในปัจจุบัน ต้องเสียค่ารักษาพยาบาลในการรักษาการบาดเจ็บของพนักงานเป็นเงินจำนวนมาก เนื่องจากกระบวนการผลิตวุ้นเส้นในปัจจุบันเป็นการผลิตที่ใช้แรงงานคนในหลายขั้นตอนการผลิต โดยเฉพาะขั้นตอนการ พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ เป็นขั้นตอนที่พนักงานมีท่าทางการทำงานไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ เนื่องจากพนักงานมีการออกแรงเกร็งข้อมือ ยกไหล่ ก้มตัว และเอียงตัวขณะทำงาน ส่งผลให้พนักงานเกิดการเจ็บป่วยเรื้อรัง เช่น อาการเส้นเอ็นอักเสบและเกิดพังผืดบริเวณมือ อาการนิ้วล๊อก อาการปวดบริเวณคอ หลัง และไหล่ โดยจากการเจ็บป่วยของพนักงานนั้นส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพ และต้นทุนในการผลิตอีกด้วย

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษากระบวนการผลิตวุ้นเส้นในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งพนักงานในกระบวนการมีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ จึงได้ทำการปรับปรุงท่าทางการทำงาน สภาพแวดล้อมในการทำงาน และออกแบบสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานของพนักงาน เพื่อให้มีท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์มากยิ่งขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน ช่วยให้สามารถควบคุมกำลังการผลิตได้อย่างคงที่ ลดต้นทุนเรื่องค่ารักษาพยาบาล และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตได้มากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อนำวิธีทางการยศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ทำการปรับปรุงวิธีการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ด้วยการออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานของพนักงาน ให้สามารถลดค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ โดยการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี Rapid Upper Limb Assessment; RULA ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงานลงได้

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงาน โดยทำการออกแบบ และสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการพับ ม้วน และนำวุ้นเส้นใส่บรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนต่อจากการชั่งน้ำหนักถึงการบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และประเมินผลจากการเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของท่าทางการทำงาน โดยการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และเปรียบเทียบการทำงานของมือซ้ายและมือขวาโดยการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงาน ด้วยการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

1.4 วิธีการดำเนินการ

1.4.1 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของพนักงาน ทดลองปฏิบัติงานด้วยตนเอง และสอบถามปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำงานในปัจจุบันของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

1.4.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปัญหา และคิดวิธีแก้ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น การศึกษาการยศาสตร์ การศึกษาวิธีการทำงานและเวลา การออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานโดยการพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมกับมนุษย์

1.4.3 วิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และหาแนวทางการแก้ไขท่าทางการทำงานให้ดีขึ้น

1.4.4 เสนอแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยออกแบบให้พนักงานมีท่าทางในการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ พร้อมทั้งจำลองอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเป็นสามมิติในคอมพิวเตอร์

1.4.5 ทดลองสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และทดสอบการใช้งานของต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน

1.4.6 ปรับปรุงแก้ไขต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และทดสอบการทำงานให้สามารถใช้งานได้เหมาะสม

1.4.7 ประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA เปรียบเทียบการทำงานของมือซ้ายและมือขวาจากการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา และเปรียบเทียบเวลาในการบรรจุวุ้นเส้น ระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานด้วยอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

1.4.8 สรุปผลที่ได้จากการประเมินการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานด้วยการสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์สามารถช่วยให้พนักงานมีท่าทางในการทำงานที่เหมาะสม

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1

แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ระยะเวลา (เดือน)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. ศึกษาขั้นตอนการทำงาน ทดลองปฏิบัติงานด้วยตนเอง และสอบถามปัญหาที่เกิดขึ้นจากพนักงาน	■											
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย ด้านการยศาสตร์การศึกษาวิธีการทำงานและเวลา		■										
3. วิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และหาแนวทางแก้ไข			■									
4. เสนอแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน และเขียนแบบจำลองสามมิติในคอมพิวเตอร์				■								
5. ทดลองสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน และทดสอบการทำงาน					■	■						
6. ปรับปรุงแก้ไขต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น และทดสอบการทำงาน							■	■	■			
7. ประเมินผลด้วยการเปรียบเทียบ ผลที่ได้จากวิธี RULA การทำงานของมือซ้ายและมือขวา และเวลาในการบรรจุ ระหว่างก่อน และหลังการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงาน										■	■	
8. สรุปผลที่ได้ว่าการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานสามารถช่วยให้พนักงานมีท่าทางในการทำงานที่เหมาะสม												■

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์

1.6.2 ได้ต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

1.6.3 บริษัทผลิตวุ้นเส้นที่ทำการศึกษาสามารถนำแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ไปสร้างใช้งาน หรือพัฒนาเพิ่มเติมจากงานวิจัยนี้

บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาวิธีการทำงานและเวลา

2.1.1 ความหมายของการศึกษางาน (Work Study)

การศึกษางานเป็นการวิเคราะห์ และปรับปรุงระบบการทำงานตั้งแต่ระบบใหญ่ถึงระบบย่อย โดยทำการศึกษาการทำงานของพนักงานในระบบนั้นๆ ก่อนนำมาเปรียบเทียบกับเวลาที่ควรใช้จริงหรือเวลามาตรฐาน และทรัพยากรที่ควรใช้จริง แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขการทำงานให้สามารถใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่ามากที่สุด และใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด

2.1.2 เวลาการทำงาน (Working Time)

เวลาในการทำงานสามารถใช้เป็นเครื่องมือวัดผลงานในอุตสาหกรรมการผลิตได้โดยตรง และสามารถใช้กำหนดการผลิตหรือวางแผนการผลิตได้อีกด้วย รูปแบบของเวลาโดยทั่วไปที่นิยมใช้มีหลายรูปแบบดังนี้

(1) เวลามาตรฐาน (Standard Time)

เวลามาตรฐานเป็นเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยประเมินจากพนักงานที่มีความสามารถในการทำงานระดับมาตรฐาน และทำงานตามวิธีที่กำหนดและเป็นไปตามมาตรฐาน มีนิยามดังนี้

เวลามาตรฐาน = เวลาทำงานพื้นฐาน + เวลาเผื่อ (2.1)

เวลามาตรฐาน คือ เวลาที่พนักงานที่มีความสามารถในการทำงานใช้ในการทำงานหนึ่งๆ และมีวิธีทำงานเป็นไปตามที่กำหนดและเป็นไปตามมาตรฐาน

เวลาทำงานพื้นฐาน คือ เวลาที่ได้จากการปรับเวลาการทำงานจริง ซึ่งได้จากการจับเวลาด้วยค่าประเมินการทำงานในขณะที่จับเวลา ซึ่งโดยทั่วไปใช้สเกล 100 เป็นสเกลมาตรฐาน

เวลาเผื่อ คือ เวลาที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อชดเชยผลกระทบด้านต่างๆ ประกอบด้วยเวลาเผื่อส่วนตัวโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 2-5% เวลาเผื่อความล้าโดยทั่วไปมีค่าประมาณ 4% และเวลาเผื่อที่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมในการทำงาน

(2) เวลารอบ (Cycle Time)

เวลารอบเป็นเวลาที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ชิ้นหนึ่งให้สำเร็จ บางครั้งเวลารอบอาจมีค่าเท่ากับเวลามาตรฐาน หรืออาจเป็นเวลาในการทำงานโดยตรง ขึ้นอยู่กับการออกแบบการทำงาน

(3) เวลากระบวนการ (Takt Time หรือ Process Time)

เวลากระบวนการเป็นช่วงห่างของเวลาที่ได้ผลิตภัณฑ์สำเร็จออกมาจากกระบวนการผลิตปกติ เวลากระบวนการกำหนดได้จากเวลามาตรฐานของกระบวนการผลิตที่ใช้เวลามากที่สุด หรือกำหนดได้จากกำลังการผลิตที่ต้องการ

2.1.3 ขั้นตอนการศึกษางาน

ขั้นตอนการศึกษางานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามองค์ประกอบการศึกษางาน คือ ขั้นตอนการศึกษาวิธีการทำงาน และขั้นตอนการวัดผลงาน

2.1.3.1 ขั้นตอนการศึกษาวิธีการทำงาน

การศึกษาวิธีการทำงานเพื่อกำหนดวิธีการทำงานมาตรฐานมี 7 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การกำหนดงานที่จะศึกษา (Job Selection) เป็นการให้ความสำคัญกับปัญหา และผลที่ได้จากการแก้ปัญหา โดยประเมินความเป็นไปได้ในการทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงการทำงานให้ได้ประสิทธิภาพ

(2) การเก็บข้อมูล (Data Collection) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นการเตรียมข้อมูลที่จำเป็นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และหาแนวทางในการปรับปรุงการทำงาน หากข้อมูลที่ได้มีการคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดจะส่งผลให้ผลการปรับปรุงนั้นผิดพลาดไม่เป็นไปตามที่ตั้งเป้าหมายไว้

(3) การตรวจสอบข้อมูล (Data Examination) เป็นการทบทวนพิจารณาความถูกต้อง และความเพียงพอของข้อมูล หากข้อมูลไม่เพียงพอหรือมีความคลาดเคลื่อนจำเป็นต้องทำการเก็บข้อมูลใหม่ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีซึ่งทำให้สามารถพบกิจกรรมส่วนที่ไม่จำเป็นได้ชัดเจน และทำให้การปรับปรุงการทำงานง่ายขึ้น

(4) การปรับปรุง (Improvement) เป็นการวิเคราะห์หาแนวทางเพื่อทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น ความซับซ้อนยุ่งยากในการวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเก็บข้อมูล และการตรวจสอบข้อมูลเป็นหลัก

(5) การประเมินทางเลือก (Evaluation) เป็นการวิเคราะห์ผลที่ได้จากแนวทางในการปรับปรุงที่คิดขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับแนวทางเดิม และเปรียบเทียบระหว่างแนวทางที่คิดใหม่หลายแนวทาง เพื่อให้ได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด

(6) การนำไปปรับใช้ (Implementation) เมื่อสามารถเลือกแนวทางในการปรับปรุงการทำงานที่เหมาะสมที่สุดได้แล้วจึงเป็นการนำไปปรับปรุงใช้งานจริง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีขึ้น

(7) การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Maintenance) การปรับปรุงการทำงานจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น จำเป็นที่ต้องมีการติดตามผลที่เกิดขึ้น และสร้างความต่อเนื่องในการปรับปรุงรวมถึงปรับแก้วิธีการปรับปรุงที่นำมาใช้ให้เหมาะสมถูกต้อง

2.1.3.2 ขั้นตอนการวัดผลงาน

การวัดผลงานสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

(1) การเลือกงานที่จะทำการวัด (Job Selection) อาจเป็นงานจากการศึกษาวิธีการทำงาน หรือเป็นการวัดผลงานโดยตรงซึ่งกระทำเพื่อหาเวลารอบการผลิต

(2) การเก็บข้อมูล (Data Collection) เป็นการรวบรวมข้อมูลเดิมของงานที่จะทำการวัด ทำการพิจารณาร่วมกับหัวข้องานที่ทำการวัด ทำให้สามารถเลือกวิธีการวัดได้อย่างเหมาะสม

(3) การตรวจสอบข้อมูล (Examination) เป็นการวิเคราะห์ความเพียงพอความถูกต้อง และลักษณะข้อมูล เพื่อการเลือกใช้วิธีการประมวลข้อมูลที่เหมาะสมต่อไป

(4) การวัด (Measurement) เป็นการนำข้อมูลปัจจุบันที่เก็บได้ มาทำการวัดผลของงานในรูปแบบที่ต้องการวัด ซึ่งสามารถเลือกใช้เทคนิคในการวัดผลได้ตามความเหมาะสม

(5) การกำหนดค่ามาตรฐาน (Compiled) เป็นการนำผลจากการวัดไปประยุกต์ใช้เช่น นำไปกำหนดเป็นเวลามาตรฐาน นำไปประเมินการใช้งานทรัพยากรการผลิต เป็นต้น

2.1.4 การเก็บข้อมูล (Data Collection)

การเก็บข้อมูลเป็นขั้นตอนที่เกิดหลังจากกำหนดงานที่ต้องการปรับปรุง โดยรูปแบบของข้อมูลขึ้นอยู่กับงานที่กำลังศึกษา เป็นการรวบรวมข้อมูลรายละเอียดวิธีการทำงานทั้งหมดของงานที่ทำการศึกษา ข้อมูลที่รวบรวมต้องเป็นระบบมีความครบถ้วนและถูกต้อง ซึ่งข้อมูลที่เก็บมีผลต่อการวิเคราะห์เพื่อนำไปใช้ปรับปรุง การเก็บข้อมูลสามารถแบ่งตามรูปแบบกิจกรรมที่ศึกษาได้เป็น 3 กลุ่ม คือ การศึกษากิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวในระดับมหัพภาค (Macro motion study) การศึกษากิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวในระดับจุลภาค (Micro motion study) และการศึกษากิจกรรมการทำงานเพื่อเปรียบเทียบระหว่างทรัพยากรการผลิต โดยงานวิจัยเล่มนี้ได้กล่าวถึงการเก็บข้อมูลการศึกษากิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวในระดับมหัพภาคซึ่งใช้ในการเก็บข้อมูลเพียงรูปแบบเดียว

การศึกษากิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหวในระดับมหัพภาค เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการทำงานตั้งแต่ต้นจนจบกระบวนการผลิต หรือส่วนหนึ่งของกระบวนการทำงานแต่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการทำงานในจำนวนหนึ่ง ข้อมูลในระดับมหัพภาคนี้แสดงความสัมพันธ์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนหรือกระบวนการ และมีการกำหนดสัญลักษณ์ที่เป็นมาตรฐานสากลสำหรับใช้บันทึกข้อมูล เพื่อความสะดวกในการดำเนินการสามารถแบ่งออกเป็น 5 สัญลักษณ์คือ

(1) สัญลักษณ์รูปวงกลม ○ ใช้แทน“กิจกรรมการทำงาน” (Operation) หมายถึง กิจกรรมที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพ หรือด้านเคมีของวัสดุหรือวัตถุดิบ เช่น การตัด การผสม การใส่ การประกอบ การวางชิ้นงาน การเชื่อม เป็นต้น

(2) สัญลักษณ์รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส □ ใช้แทน“กิจกรรมการตรวจสอบ” (Inspection) หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบคุณภาพของงานที่ทำเพื่อให้ได้งานตรงตามที่กำหนดเช่น การตรวจรับวัสดุ การนับจำนวน การวัดขนาด การวัดอุณหภูมิ การตรวจสอบความเรียบร้อย การตรวจหาสิ่งเจือปน เป็นต้น

(3) สัญลักษณ์รูปลูกศร ⇨ ใช้แทน“กิจกรรมการขนย้าย” (Transportation) หมายถึง กิจกรรมที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของพนักงาน หรือของวัตถุดิบ เป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดการประสานงานระหว่างกระบวนการเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของการทำงาน สำหรับในกิจกรรมระดับมหัพภาคนั้นการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นต้องมีระยะทางตั้งแต่ 75 เซนติเมตรขึ้นไปเช่น การเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยรถ การยกย้ายวัสดุ การเคลื่อนย้ายวัสดุด้วยลิฟต์หรือทางลาด เป็นต้น

(4) สัญลักษณ์รูปตัวดี ใช้แทน“กิจกรรมการรอ การล่าช้า การหยุดชั่วคราว” (Delay) หมายถึง กิจกรรมที่พนักงานหรือวัตถุดิบ/วัสดุต้องหยุดในการผลิตชั่วคราว รวมถึงการวางชิ้นงานรอระหว่างการผลิตในแต่ละกระบวนการ โดยไม่มีการควบคุมปริมาณสินค้าคงคลังเช่น วัสดุรอการขนย้าย การรอลิฟต์ งานชิ้นส่วนประกอบวางรอเข้ากระบวนการทำงาน เป็นต้น

(5) สัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม ใช้แทน“กิจกรรมการเก็บ” (Storage) หมายถึง การเก็บวัสดุ/วัตถุดิบ หรือสินค้าสำเร็จรูปในคลังสินค้า โดยมีการควบคุมปริมาณคงคลังเช่น วัสดุหรือสินค้าสำเร็จรูปที่ถูกเก็บในคลังสินค้า และมีการบันทึกข้อมูลและควบคุมปริมาณ เป็นต้น

2.1.5 แผนภูมิกระบวนการผลิต (Flow Process Chart: FPC)

แผนภูมิกระบวนการผลิต เป็นแผนภูมิที่แสดงลำดับขั้นตอนกระบวนการทำงานหรือกิจกรรมที่เกิดขึ้นอย่างละเอียด รวมถึงกิจกรรมที่ไม่ใช่กิจกรรมหลัก สามารถบันทึกข้อมูลการทำงานแยกตามทรัพยากรการผลิตซึ่งประกอบด้วยพนักงาน วัสดุ และเครื่องจักรได้ โดยการบันทึกขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลเริ่มจากการสังเกตลำดับของกระบวนการที่เกิดขึ้น แล้วแทนกิจกรรมนั้นๆ ด้วยสัญลักษณ์ การบันทึกข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถออกแบบได้ตามการใช้งาน ดังนี้

(1) แสดงสถานะของแผนภูมิว่าเป็นการบันทึกการทำงานในปัจจุบัน หรือเป็นวิธีที่ปรับปรุง

(2) แสดงประเภทของแผนภูมิจากการวิเคราะห์กิจกรรมที่พนักงานทำ วัสดุ และเครื่องจักรที่ใช้งาน

(3) แสดงสถานะของแผนภูมิในด้านของวันที่จัดทำ วันที่เริ่มใช้งาน จำนวนหน้าของบันทึก และครั้งที่ของการแก้ไข

(4) แสดงข้อมูลของชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ผลิต หมายเลขผลิตภัณฑ์ วันที่ผลิต

(5) แสดงข้อมูลการเขียนแผนภูมิ การตรวจทาน การอนุมัติใช้งาน

(6) แสดงลำดับ หรือจำนวนขั้นตอนของการทำงานทั้งหมด

(7) แสดงรายละเอียดของการทำงานในแต่ละขั้นตอน

(8) แสดงสัญลักษณ์แทนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์หากิจกรรมที่ไม่จำเป็น

(9) แสดงข้อมูลจำนวนสัญลักษณ์ที่แทนกิจกรรมการทำงานที่เกิดขึ้นตลอดกระบวนการ และข้อมูลเปรียบเทียบในกรณีที่เป็นวิธีการทำงานที่ปรับปรุง

(10) แสดงระยะทางในการเคลื่อนที่ และเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

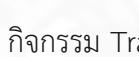
นอกจากนี้ยังสามารถแสดงข้อมูลอื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงาน และการปรับปรุงการทำงานได้อีกด้วย

2.1.6 แผนภูมิการทำงานของมือซ้ายและมือขวา (Left-Right Hand Chart)

แผนภูมิการทำงานของมือซ้ายและมือขวา เป็นแผนภูมิที่แสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวาอย่างละเอียด โดยในการบันทึกข้อมูลสามารถใช้สัญลักษณ์ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ และปรับปรุง ดังนี้

(1) กิจกรรม Holding มีสัญลักษณ์ หมายถึง การจับหรือถือวัตถุไว้นิ่งๆ

(2) กิจกรรม Operation มีสัญลักษณ์ หมายถึง การเคลื่อนไหวของมือเพื่อทำกิจกรรมที่ทำให้เกิดการทำงาน รวมถึงการตรวจสอบชิ้นงาน

(3) กิจกรรม Transporting มีสัญลักษณ์  หมายถึง การเคลื่อนที่ของมือเปล่าโดยเคลื่อนที่เข้าหาหรือเคลื่อนที่ออกจากวัตถุ และการเคลื่อนที่ขณะวัตถุอยู่ในมือ

(4) กิจกรรม Delay มีสัญลักษณ์ หมายถึง มือว่าง ไม่มีการทำงาน

แผนภูมินี้แสดงการเคลื่อนไหวย่อยที่เกิดขึ้นในการกระทำหนึ่งๆ เพื่อใช้พิจารณาความสมดุลในการใช้งานของมือทั้งสองข้าง โดยการบันทึกข้อมูลเป็นการบันทึกรายละเอียดทุกขั้นตอนการเคลื่อนที่ของมือหรือนิ้วมือในการทำกิจกรรม

2.2 การยศาสตร์

2.2.1 ความหมายของการยศาสตร์ (Ergonomics)

การยศาสตร์ (Ergonomics) คือ คำที่มีรากศัพท์มาจากคำสองคำในภาษากรีก ประกอบด้วยคำว่า “ergo, ergon” หมายถึง งาน (work) และคำว่า “Nomous, nomia” หมายถึง กฎ (rule, law) เมื่อนำมารวมกันได้เป็นคำว่า “Ergonomics” มีความหมายโดยตรงว่า “Law of work” หรือกฎของงาน นิยามของคำว่า Ergonomics คือ การศึกษากฎ สรีรวิทยา วิธีการทำงานที่เป็นพื้นฐานการออกแบบ การพัฒนาเครื่องมือ เครื่องจักร ลักษณะงาน และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงระยะเวลา และความถี่ในการปฏิบัติงาน การปรับเปลี่ยนสภาพงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน หรือการปรับปรุงสภาพการทำงานอย่างเป็นระบบมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มนุษย์สามารถทำงานหรือใช้งานสิ่งต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย โดยความรู้ทางการยศาสตร์ได้เริ่มขึ้นในยุคก่อนประวัติศาสตร์ถึงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมมีระยะเวลาประมาณ 200 ปี พัฒนาจากการลองผิดลองถูก

ในการสร้างสรรค์เครื่องมือ อุปกรณ์ต่างๆ สำหรับใช้ทำกิจกรรมเพื่อการดำรงชีวิต ต่อมาพัฒนาเป็นเครื่องมือ และเครื่องจักรต่างๆ มีการพัฒนาปรับปรุงเพื่อความเหมาะสมในการใช้งาน พัฒนากระบวนการผลิตเป็นการผลิตแบบจำนวนมาก เกิดการเรียนรู้เรื่องการศึกษาเวลา การเคลื่อนไหวในการทำงาน และพัฒนาสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานมากขึ้น [การยศาสตร์ นริศ เจริญพร: 2543] [อาชีวอนามัย รศ.จันทร์จารี เกตุมาโร: 2554] [Healthycomputing: 2554] [Kodak, E. Kodak's Ergonomic design for people at work. 2nd Ed. Wiley, 2003] [Sanders,S,M. McCormick,J,E. Human factors in engineering and design. 7th Ed. McGrawHill: 1993]

2.2.2 ความสำคัญของการยศาสตร์

เนื่องด้วยมนุษย์มีความแตกต่างกันทั้งด้านร่างกาย จิตใจ อารมณ์ สังคม และสติปัญญา ไม่สามารถกำหนดได้ตามความต้องการแม้ว่าปัจจุบันเทคโนโลยีจะมีความก้าวหน้าเป็นอย่างมาก การทำงานหรือทำกิจกรรมใดๆ ที่ต้องทำงานร่วมกับเครื่องมือ เครื่องจักร เพื่ออำนวยความสะดวกต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพร่างกายหรือมีโอกาสเกิดผลกระทบน้อยที่สุด ดังนั้นควรออกแบบงาน เครื่องมือ สถานที่ทำงาน ให้คนสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย มีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งมีความพึงพอใจและมีความสุขในการทำงาน [Kroemer: 1993] แต่ด้วยความจำเป็นหลายอย่างในปัจจุบันเห็นได้ว่าพนักงานมีการทำงานร่วมกันระหว่างคนกับเครื่องจักร ซึ่งในบางสถานีงานหรือบางเครื่องจักรก็มีการจัดตำแหน่งการทำงานท่าทางในการทำงานไม่เหมาะสม ต้องมีการปรับคนให้เข้ากับงานที่ทำ (Fit the man to the job) เป็นสภาวะจำยอมเพราะการลงทุนทางด้านเครื่องจักรกลได้เกิดขึ้นก่อน โดยไม่ได้คำนึงถึงความสะดวกสบายของผู้ปฏิบัติงาน อาจก่อให้เกิดความเมื่อยล้า ความเสื่อมถอยของสุขภาพ และความผิดพลาดหรืออุบัติเหตุ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการผลิต ทั้งด้านปริมาณ และคุณภาพ ในทางตรงข้ามการทำงานร่วมกันระหว่างคนกับเครื่องจักรหากการออกแบบเครื่องจักรหรือเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำงานได้คิดถึงข้อจำกัด และความต้องการของผู้ปฏิบัติงานในลักษณะการปรับงานให้เหมาะสมกับคน (Fit the job to the man) ช่วยลดโอกาสการเกิดความเสียหาย และความไม่ปลอดภัยในการทำงานลง ช่วยให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณ และคุณภาพมากขึ้น กล่าวโดยสรุป คือ หลักการทำงานทางการยศาสตร์คำนึงถึงการออกแบบเครื่องมือ เครื่องจักร และจัดการสภาพแวดล้อมในการทำงานเป็นสำคัญ ต้องอาศัยความรู้ในหลายสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ทางการยศาสตร์ มาใช้ในการจัดการแก้ปัญหาหรือป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาทางการยศาสตร์ในการทำงาน และมีท่าทางในการทำงานที่เหมาะสม ลดความเมื่อยล้า การบาดเจ็บอันเกิดจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เป็นผลให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และการผลิตได้อีกด้วย

2.2.3 สาเหตุหลักของปัญหาด้านการยศาสตร์

ปัญหาด้านการยศาสตร์มีโอกาสเกิดขึ้นได้กับทุกคนตลอดเวลา สามารถเกิดขึ้นได้ในทุกท่าทางการเคลื่อนไหวร่างกาย และทุกขั้นตอนการทำกิจกรรม ทุกคนมีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายหรือผลกระทบจากปัญหาด้านการยศาสตร์ ปัญหาด้านการยศาสตร์มีสาเหตุหลัก 4 เรื่อง [OSHA: 2000] คือ

(1) ระบบการทำงาน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน วิธีการปฏิบัติงานต้องเอื้อต่อการทำงาน และลดความเสี่ยงที่ทำให้เกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ เช่น ขั้นตอนการทำงานต้องไม่ก้ม เงย หรือบิดเอี้ยวตัวเป็นระยะเวลานาน งานที่ทำต้องไม่เปลี่ยนตำแหน่งหรือหน้าที่บ่อยๆ งานที่ทำต้องไม่ทำซ้ำๆ เป็นระยะเวลานาน เป็นต้น

(2) อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในการทำงาน พิจารณาขนาด ทิศทาง ตำแหน่ง ระดับความสูงการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักร ให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน สามารถลดความเสี่ยงที่ทำให้เกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ได้ เช่น โต๊ะทำงานต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไป เครื่องจักรไม่ควรสั่นสะเทือนขณะปฏิบัติงานมากเกินกำหนด เป็นต้น

(3) ผู้ปฏิบัติงาน ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมีข้อจำกัดที่แตกต่างกันประกอบด้วย ความแตกต่างของรูปร่าง ระดับความทนทานและความอดทนของร่างกายที่มีต่องาน ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและร่างกาย ข้อจำกัดลักษณะนี้ไม่สามารถแก้ไขได้ จึงเป็นเงื่อนไขที่ใช้เลือกผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้าทำงานเพื่อแก้ปัญหา นอกจากนี้ท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ด้วย

(4) สภาพแวดล้อมในการทำงาน สถานที่ทำงานที่มีสภาพแวดล้อมในการทำงานไม่เหมาะสมเช่น อากาศร้อนหรือเย็นเกินร่างกายรับได้ แสงสว่างมากหรือน้อยเกินกำหนด เสียงดังเกินมาตรฐาน เป็นต้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงาน และเพิ่มความเสี่ยงที่ทำให้เกิดปัญหาการยศาสตร์ได้

เมื่อพิจารณาสาเหตุการเกิดปัญหาด้านการยศาสตร์ของผู้ปฏิบัติงานพบว่าประเด็นที่เป็นปัญหามากที่สุด และแก้ไขยากที่สุด คือ ประเด็นที่เกี่ยวกับท่าทางการทำงานของผู้ปฏิบัติงานเอง เนื่องจากการแก้ไขปัญหานี้ต้องได้รับความร่วมมือจากผู้ปฏิบัติงานที่ต้องการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงานเองให้ถูกต้อง ดังนั้น การทำให้ผู้ปฏิบัติงานตระหนักถึงอันตรายจากปัญหาเกี่ยวกับท่าทางการทำงานถือเป็นเรื่องที่ทำได้ยากแต่สำคัญที่สุด

2.2.4 การประเมินภาระงานทางการยศาสตร์

การประเมินภาระงานที่เกิดขึ้นจากการที่ร่างกายออกแรงเพื่อรับภาระงานในการทำงาน สามารถวิเคราะห์ที่ภาระของงานโดยตรง หรือวิเคราะห์การตอบสนองของร่างกายต่อภาระงาน ซึ่งการประเมินภาระงานทางการยศาสตร์ทำได้ 3 วิธี คือ

(1) การประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง

(2) การประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม

(3) การประเมินภาระงานด้วยการสังเกต

2.2.4.1 การประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง

การประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสำหรับเครื่องมือสูง โดยเฉพาะเครื่องมือที่มีความละเอียด ความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูง ทำการประเมินโดยใช้เครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์วัดร่างกายของผู้ทำงาน ซึ่งต้องใช้เครื่องมือที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเช่น การวัดการทำงานและความล้าของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography, EMG) และการวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วยเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiograph, ECG) เป็นต้น การวิเคราะห์และประเมินโดยการวัดด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่ทำในห้องปฏิบัติการเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการวัดการทำงานในสถานที่ทำงานจริงต้องใช้เครื่องมือที่ออกแบบมาพิเศษโดยเฉพาะ

2.2.4.2 การประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม

การประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม เป็นการวัดประเมินค่าแบบจิตพิสัย (Subjective) โดยใช้แบบสอบถาม และการสัมภาษณ์เป็นส่วนใหญ่เช่น การสอบถามผู้ปฏิบัติงานว่า รู้สึกปวดเมื่อย ล้ามากน้อยเท่าไร เป็นต้น การประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม จะได้ค่าที่ไม่แม่นยำเท่ากับการประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง และการประเมินภาระงานด้วยการสังเกต แต่สามารถประมาณได้ว่า ภาระงานที่เกิดขึ้นกับร่างกายจากการทำงานด้วยความรู้สึกของผู้ปฏิบัติงานเองมากหรือน้อย

2.2.4.3 การประเมินภาระงานด้วยการสังเกต

การประเมินภาระงานด้วยการสังเกต เป็นการวิเคราะห์ภาระงานด้วยการสังเกตการทำงานแล้วประเมินด้วยการคำนวณหรือการประมาณ ซึ่งไม่ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์วัดค่า อาจใช้เครื่องมืออย่างง่ายเช่น ตารางการวิเคราะห์ และแผนภูมิต่างๆ ในการประเมิน การประเมินภาระงานด้วยการสังเกตมีค่าใช้จ่ายในการประเมินน้อยกว่าการประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง แต่อาจให้ความแม่นยำน้อยกว่าการประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรงแต่ให้ความแม่นยำมากกว่าการประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม ในขณะเดียวกันการประเมินภาระงานด้วยการสังเกต

สามารถทำการวัดการทำงานได้ในสถานที่ทำงานจริง และไม่เป็นการรบกวนการทำงานของพนักงานอีกด้วย

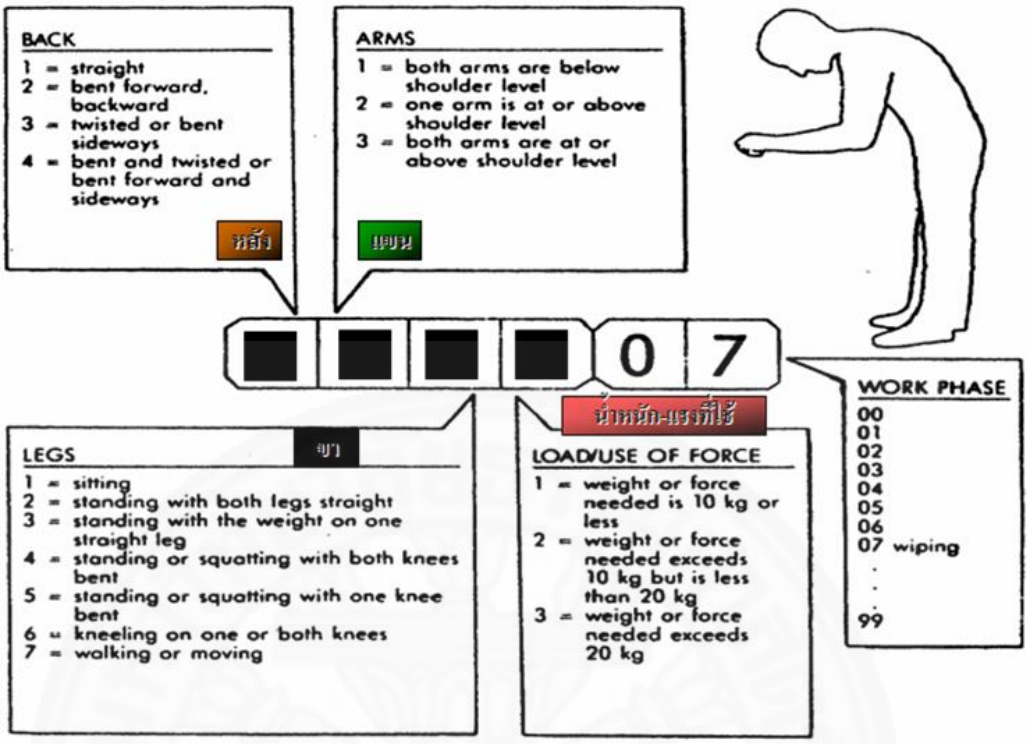
จากวิธีการประเมินภาระงานทางการยศาสตร์ข้างต้น งานวิจัยนี้เลือกใช้การประเมินภาระงานด้วยการสังเกต เพราะเป็นการประเมินที่ไม่มีค่าใช้จ่ายในเรื่องอุปกรณ์เครื่องมือวัด ทำให้ค่าใช้จ่ายในการประเมินถูกกว่าการประเมินภาระงานด้วยการวัดโดยตรง มีความสะดวกในการเก็บข้อมูลในการประเมินสามารถทำได้ในสถานที่ทำงานจริง และส่งผลกระทบต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงานน้อยที่สุด ให้ผลการประเมินที่ถูกต้องแม่นยำมากกว่าการประเมินภาระงานโดยการใช้แบบสอบถาม ดังนั้นการประเมินภาระงานด้วยการสังเกตจึงเหมาะสมในการประเมินภาระงานของงานวิจัยนี้มากที่สุด

2.2.5 รูปแบบและวิธีการประเมินภาระงานด้วยการสังเกต

การประเมินภาระงานด้วยการสังเกตมีรูปแบบ และวิธีการประเมินได้หลายวิธี งานวิจัยนี้กล่าวถึงเพียงบางวิธีที่มีการประเมินจากอวัยวะส่วนที่ใช้งานของร่างกายตรงตามลักษณะงานที่ทำ และสามารถใช้วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ดังนี้

2.2.5.1 วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS พัฒนาโดย Ovako Oy Steel Co. ร่วมกับ Finish Institute of Occupational Health ในปี ค.ศ. 1973 เป็นวิธีประเมินท่าทางการทำงานได้อย่างเป็นที่ยอมรับ สำหรับการแก้ไขปรับปรุงการทำงานให้เหมาะสม การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS ใช้หลักการง่ายๆ โดยแบ่งประเภทท่าทางการทำงาน การสังเกตความหนักของงาน โดยประเมินท่าทางออกเป็นระดับความเร่งด่วนมี 4 ระดับสำหรับความต้องการการแก้ไขวิธีปฏิบัติงาน มีการพิจารณาท่าทางของแขนแบ่งเป็น 3 ระดับ ท่าทางของขาแบ่งเป็น 7 ระดับ ท่าทางของหลังแบ่งเป็น 4 ระดับ และคะแนนการออกแรงการยกแบ่งเป็น 3 ระดับ ซึ่งสามารถนำมาประเมินท่าทางได้ในงานอุตสาหกรรมหลายประเภทดังภาพที่ 2.1



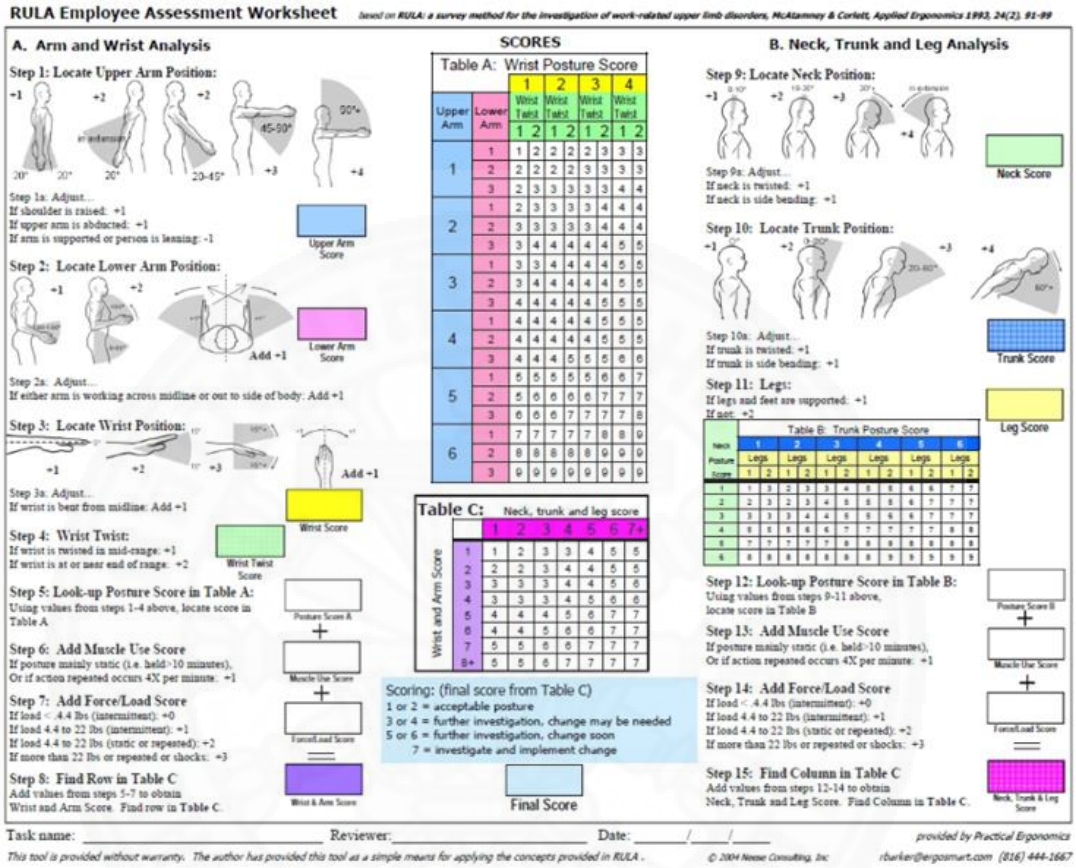
ภาพที่ 2.1 การแบ่งส่วนต่างๆ ของร่างกายในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี OWAS

ที่มา : http://www.npc-se.co.th/news_safety/npcse_01safety.asp?news_id=1557

2.2.5.1 วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA พัฒนาโดย Lynn McAtamney and Nigel Corlett ในปี ค.ศ. 1993 เป็นวิธีที่ออกแบบเพื่อใช้ประเมินความรุนแรงของท่าทางการทำงาน โดยเฉพาะงานที่นั่งทำงาน พิจารณางานต่างๆ ในกระบวนการผลิต การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ประเมินความเสี่ยงของแต่ละบุคคลจากลักษณะท่าทางการทำงาน โดยพิจารณาตำแหน่ง และลักษณะของการเคลื่อนไหว การพิจารณาจะแบ่งร่างกายออกเป็นสองกลุ่ม การประเมินร่างกายกลุ่มแรกประกอบด้วยกลุ่มของข้อมือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน และหัวไหล่ จากนั้นนำคะแนนมาพิจารณาร่วมกับการใช้แรงของกล้ามเนื้อ อาจวัดจากจากน้ำหนักของที่ยก ลักษณะการออกแรงดึงหรือผลัก การใช้แรงแบบเคลื่อนไหวหรืออยู่กับที่ และปริมาณการทำซ้ำ การประเมินร่างกายในกลุ่มที่สอง ประกอบด้วยตำแหน่งของร่างกาย ส่วนของคอ ลำตัว และขา พิจารณามุม หรือการหมุนของข้อต่อ จากนั้นนำคะแนนมาพิจารณาร่วมกับการใช้แรงของกล้ามเนื้อ แล้วนำคะแนนการประเมินที่ได้จากทั้งสองกลุ่มมารวมกัน แล้วนำค่าคะแนนที่ได้ไปเปิดตาราง เพื่อพิจารณาระดับความเสี่ยง โดยคะแนนสูงสุดของการประเมินจะเท่ากับ 7 แสดงว่าลักษณะงานที่ทำมีความเสี่ยง

ต่อการเกิดอาการผิดปกติทางระบบโครงร่าง และกล้ามเนื้อ ควรมีการดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยเร็วดังภาพที่ 2.2

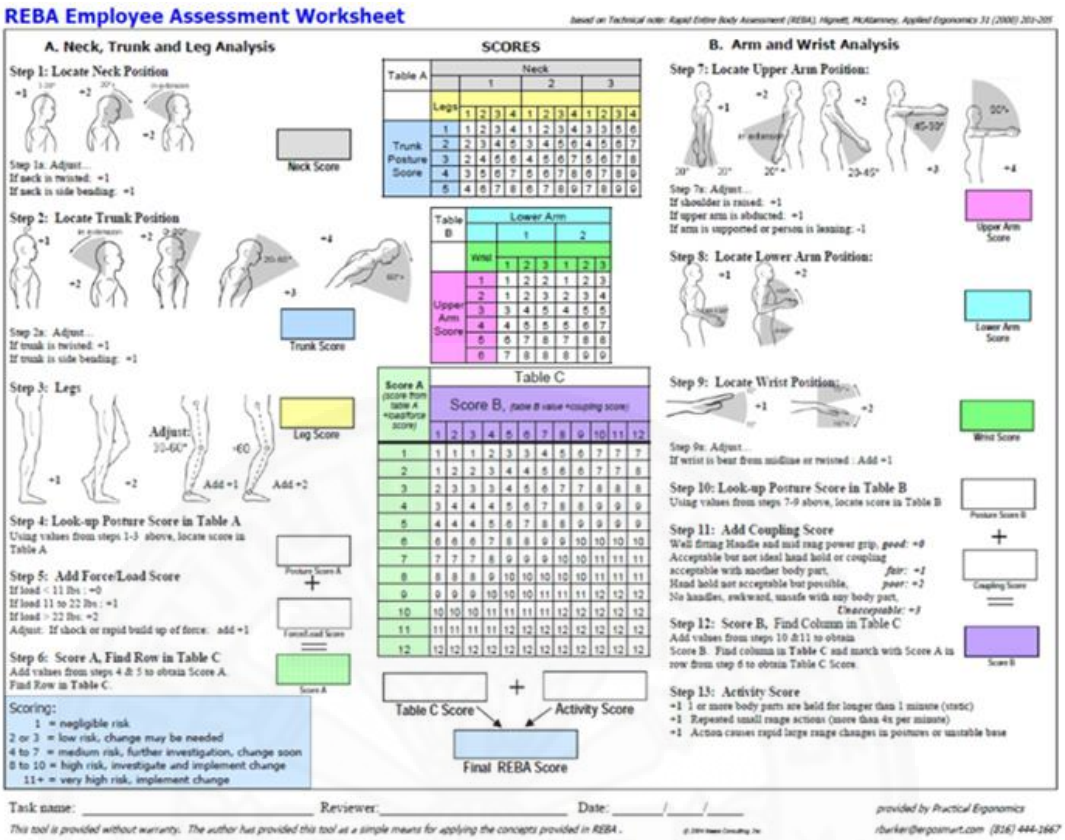


ภาพที่ 2.2 การแบ่งส่วนต่างๆ ของร่างกายในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA

ที่มา : http://ahlannet99.wordpress.com/2011/11/03/rula/

2.2.5.3 วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA (Rapid Entire Body Assessment)

การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA เป็นวิธีที่พัฒนามาจากหลักการของ RULA เหมาะสำหรับการประเมินงานที่มีท่าทางการทำงานแบบ อยู่กับที่ และเคลื่อนที่ โดยผู้ประเมินต้องเลือกท่าทางหรือกิจกรรมที่ใช้ในการประเมิน แล้วกำหนดคะแนนในแต่ละท่าทางหรือกิจกรรมจาก REBA Diagrams สุดท้ายจะได้ระดับของความต้องการการปรับเปลี่ยนทางการยศาสตร์ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 การแบ่งส่วนต่างๆ ของร่างกายในการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA

ที่มา : http://ahlannet99.wordpress.com/2011/11/03/reba/

จากการพิจารณาวิธีการประเมินในแต่ละวิธี เห็นได้ว่าการประเมินด้วยวิธี RULA มีความละเอียดในการแบ่งส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยมีการแบ่งในส่วนของมืออย่างเด่นชัดเป็นการทำงานในลักษณะที่มีปริมาณการทำซ้ำ และไม่มีการเคลื่อนที่ออกจากสถานีงาน ซึ่งมีความสอดคล้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ จึงเหมาะสมในการนำมาใช้ในการประเมินภาระงานทางการยศาสตร์สำหรับงานวิจัยเล่มนี้ (รายละเอียดการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA สามารถอ่านเพิ่มเติมได้ที่ ภาคผนวก ก.)

2.3 การออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์

2.3.1 การวัดสัดส่วนร่างกาย

การวัดสัดส่วนร่างกายคือการนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพมาประยุกต์โดยเป็นการวัด และเก็บข้อมูลทางสถิติของขนาดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุง ออกแบบ เครื่องมือเครื่องใช้ และการจัดสภาพงานให้สอดคล้องกับสรีระของมนุษย์ ในวงการอุตสาหกรรมได้นำมาใช้ออกแบบ สถานที่ทำงาน เครื่องจักร เครื่องมือ โต๊ะ เก้าอี้ อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลสำหรับผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

2.3.1.1 ความสำคัญของการวัดสัดส่วนร่างกาย

(1) ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้เร็วขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น และลดการเกิดความผิดพลาด เนื่องจากมีความสะดวกสบายในการทำงานมากขึ้น

(2) มีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น ช่วยลดอุบัติเหตุ การบาดเจ็บเรื้อรังจากการทำงานได้ เนื่องจากขนาด และรูปทรงของเครื่องจักร เครื่องมือ สถานที่ทำงาน และสิ่งแวดล้อมในการทำงาน มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

(3) ช่วยลดความเมื่อยล้าจากการทำงานกับอุปกรณ์ที่ไม่สัมพันธ์กับสัดส่วนของผู้ปฏิบัติงาน

(4) ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพ และจิตใจที่ดี พึงพอใจในการทำงาน

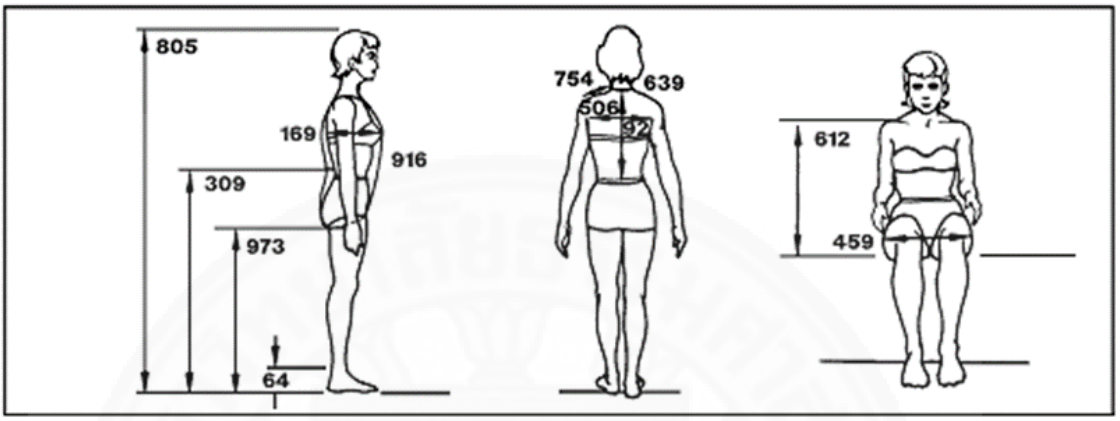
2.3.1.2 การประยุกต์สัดส่วนร่างกายในงานการยศาสตร์

สัดส่วนร่างกายสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานออกแบบสภาพที่ทำงาน หรือเครื่องมือเครื่องใช้ในสถานประกอบการให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานได้ โดยควรคำนึงถึงหลักการออกแบบที่สำคัญ 4 ประการคือ หน้าที่ใช้สอยตรงตามเป้าหมายที่วางไว้ มีความสะดวกสบายในการใช้งานตามหลักการยศาสตร์ มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และมีความแข็งแรงในตัวผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่การทำงานในสถานประกอบการนั้น จะเป็นการใช้งานเครื่องจักรร่วมกันของพนักงาน ดังนั้นในการออกแบบต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับขนาดสัดส่วนร่างกายของกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้ขนาดของคนส่วนใหญ่ในกลุ่มเป็นหลัก

ในงานวิจัยนี้เสนอข้อมูลสัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชีย ที่มีอายุประมาณ 40 ปี (NASA-STD-3000) ซึ่งมีข้อมูลสอดคล้องกับประชากรไทยที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัย ตามข้อมูลสำรวจของกรมอนามัยประเทศไทย พ.ศ. 2558 โดยสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบในงานการยศาสตร์ ให้เหมาะกับสภาพที่ทำงาน การกำหนดความสูง ความกว้างของเครื่องมือเครื่องใช้ในสถานีงานให้เหมาะสมกับขนาด และสรีระของร่างกายของกลุ่มเป้าหมายได้

2.3.1.3 ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกาย

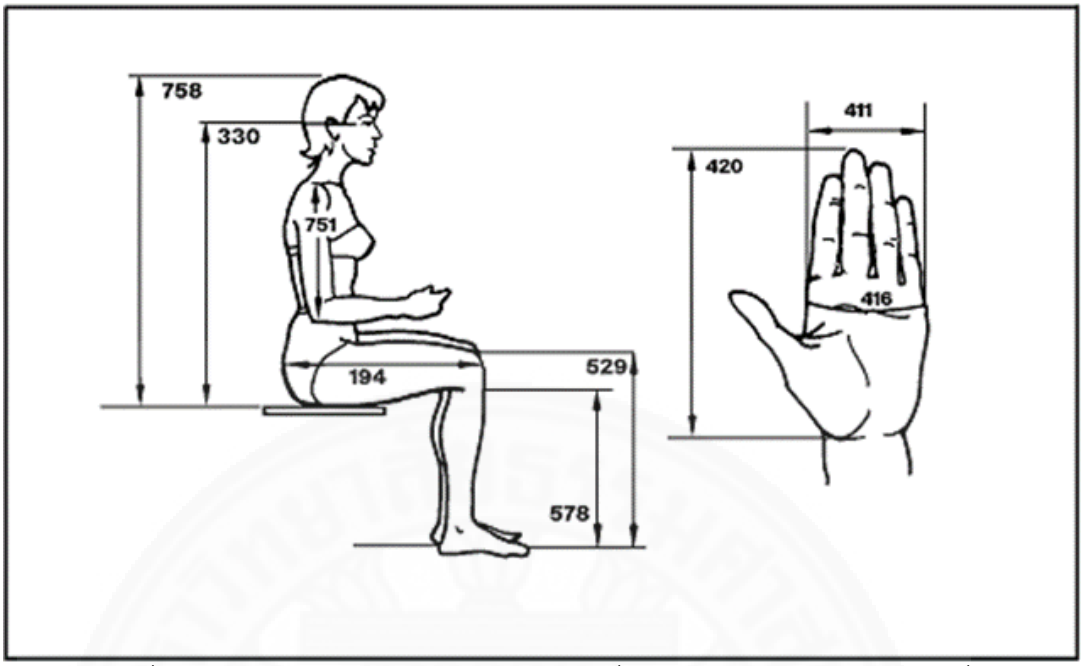
ข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชีย ที่มีอายุประมาณ 40 ปี แสดงดังภาพที่ 2.4 – 2.7



ภาพที่ 2.4 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 1

ที่มา : http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm

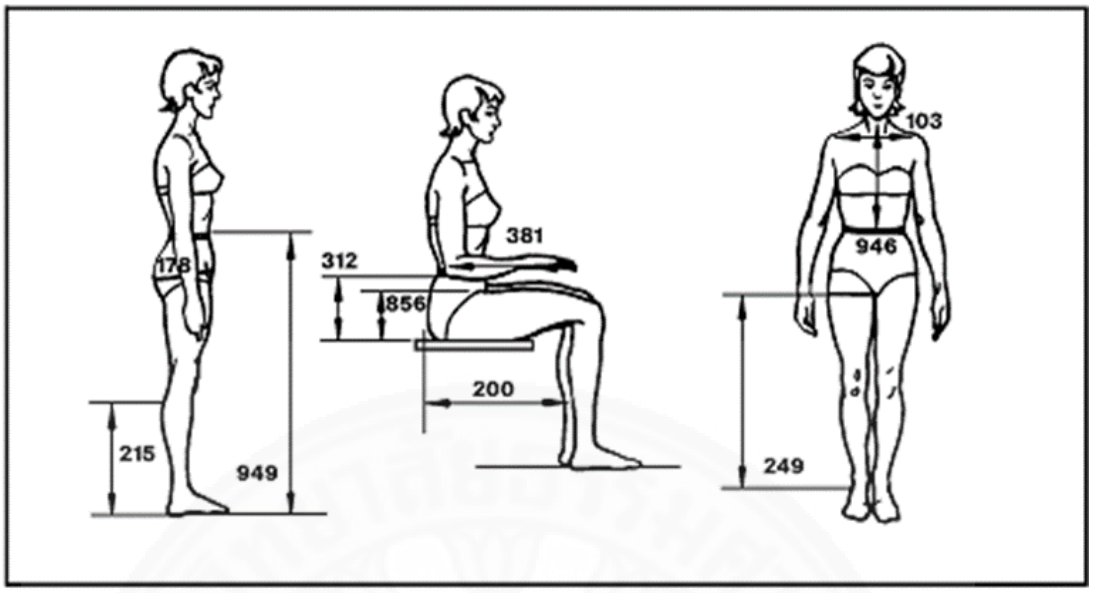
ตัวเลข	ขอบเขต	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95
805	ความสูงขณะยืน	148.9 (58.6)	157.0 (61.8)	165.1 (65.0)
973	ความสูงระดับข้อมือขณะยืน	70.8 (27.9)	76.6 (30.2)	82.4 (32.4)
64	ความสูงระดับข้อเท้าขณะยืน	5.2 (2.0)	6.1 (2.4)	7.0 (2.8)
309	ความสูงระดับข้อศอกขณะยืน	92.8 (38.5)	98.4 (38.8)	104.1 (41.0)
169	ความหนาของหน้าอก	17.4 (6.8)	20.5 (8.1)	23.6 (9.3)
612	ความสูงระดับไหล่ขณะนั่ง			
459	ความกว้างของสะโพกระหว่างนั่ง	30.4 (12.0)	33.7 (13.3)	37.0 (14.6)
921	ความกว้างของเอวด้านหลัง	35.2 (13.9)	38.1 (15.0)	41.0 (16.1)
506	ความกว้างของรักแร้	32.4 (12.8)	35.7 (14.1)	39.0 (15.4)
639	เส้นรอบวงคอ	34.5 (13.6)	37.1 (14.5)	39.7 (15.6)
754	ความกว้างของไหล่	11.3 (4.4)	13.1 (5.1)	14.8 (5.8)



ภาพที่ 2.5 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 2

ที่มา : http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm

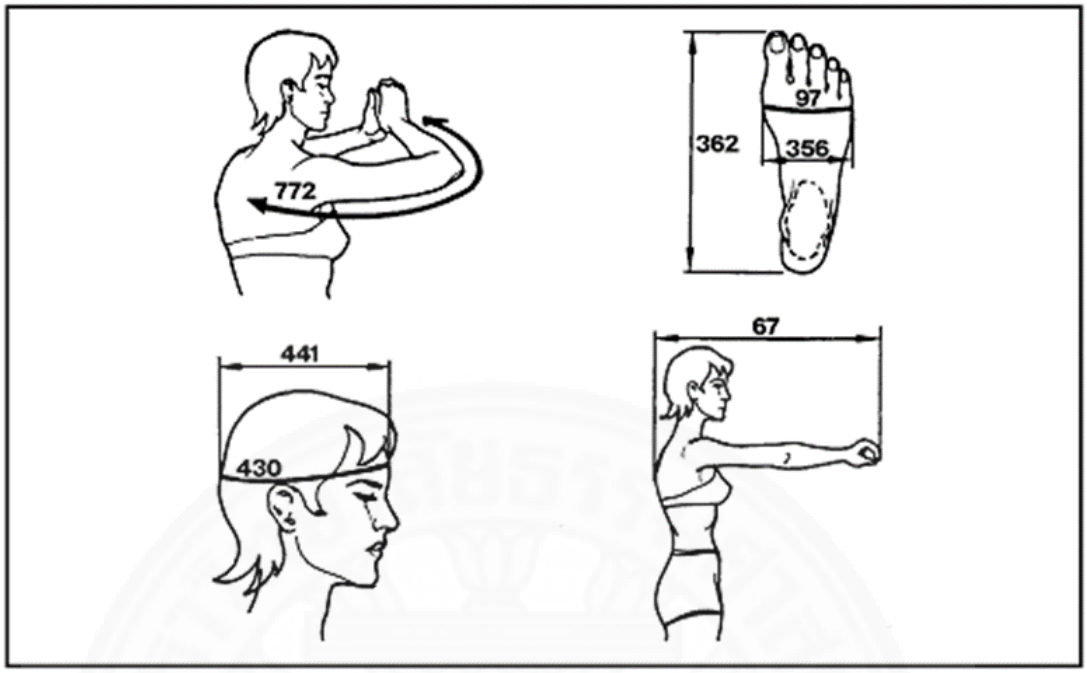
ตัวเลข	ขอบเขต	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95
758	ความสูงขณะนั่ง	78.3 (30.8)	84.8 (33.4)	91.2 (35.9)
330	ความสูงระดับสายตาขณะนั่ง	68.1 (26.8)	73.8 (29.1)	79.5 (31.4)
529	ความสูงของเข่าขณะนั่ง	41.6 (16.4)	45.6 (17.9)	49.5 (19.5)
578	ความสูงของข้อพับเข่าขณะนั่ง	34.7 (13.6)	38.3 (15.1)	41.9 (16.5)
751	ระยะระดับไหล่ถึงข้อศอก	27.2 (10.7)	29.8 (11.7)	32.4 (12.8)
194	ความยาวจากก้นถึงหัวเข่า	48.9 (19.2)	53.3 (21.0)	57.8 (22.7)
420	ความยาวของมือ	15.8 (6.2)	17.2 (6.8)	18.7 (7.3)
411	ความกว้างของมือ	6.9 (2.7)	7.8 (3.1)	8.6 (3.4)
416	เส้นรอบวงมือ	16.5 (6.5)	17.9 (7.0)	19.3 (7.6)



ภาพที่ 2.6 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 3

ที่มา : http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm

ตัวเลข	ขอบเขต	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95
949	ความสูงเอว	90.1 (35.5)	96.7 (38.1)	103.4 (40.7)
249	ความสูงหว่างขา	65.2 (25.7)	70.6 (27.8)	76.1 (30.0)
215	ความสูงน่อง	25.5 (10.0)	28.9 (11.4)	32.3 (12.7)
103	ความกว้างของไหปลาร้า	32.4 (12.8)	35.7 (14.1)	39.0 (15.4)
946	เอวด้านหน้า			
178	เส้นรอบวงสะโพก	79.9 (31.5)	87.1 (34.3)	94.3 (37.1)
312	ระยะข้อศอกถึงพื้นนั่ง	20.7 (8.2)	25.0 (9.9)	29.3 (11.5)
856	ระยะต้นขาถึงพื้นนั่ง	11.2 (4.4)	12.9 (5.1)	14.5 (5.7)
381	ระยะข้อศอกถึงปลายนิ้วมือ	37.3 (14.7)	41.7 (16.4)	44.6 (17.6)
200	ความยาวจากก้นถึงหลังขา	37.9 (14.9)	41.7 (16.4)	45.5 (17.9)



ภาพที่ 2.7 สัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี ลักษณะที่ 4

ที่มา : http://msis.jsc.nasa.gov/sections/section03.htm

ตัวเลข	ขอบเขต	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 5	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 50	เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95
67	ความยาวของมือ	65.2 (25.7)	71.6 (28.2)	78.0 (30.7)
772	ความยาวของแขน			
441	ความกว้างของหัว	16.7 (6.6)	18.2 (7.2)	19.6 (7.7)
430	เส้นรอบวงหัว	53.2 (20.9)	55.2 (21.7)	57.2 (22.5)
362	ความยาวเท้า	21.3 (8.4)	22.9 (9.0)	24.4 (9.6)
356	ความกว้างเท้า	8.6 (3.4)	9.3 (3.7)	10.0 (3.9)
97	เส้นรอบวงปุ่มโคนหัวแม่เท้า	21.0 (8.3)	22.7 (8.9)	24.3 (9.6)

2.3.2 ท่าทางมาตรฐานตามหลักการยศาสตร์

ท่าทางมาตรฐานสำหรับการนั่ง และการยืนซึ่งเป็นท่าทางการทำงานที่เป็นพื้นฐานของงานทุกประเภท เพื่อช่วยลดโอกาสในการเกิดปัญหาทางด้านการยศาสตร์มีท่าทางการนั่ง และการยืนที่ถูกต้องตามแนวทางในการปฏิบัติดังนี้ [สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน, 2551]

2.3.2.1 ท่าทางในการทำงานสำหรับบุคคลที่ยืนทำงาน

(1) ระดับความสูงของพื้นที่ปฏิบัติงานต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไป โดยผู้ปฏิบัติงานต้องให้แขนท่อนล่างขนานกับพื้น ส่วนแขนท่อนบนขนานกับลำตัว ข้อศอกทั้งสองข้างทำมุม 90 องศา หัวไหล่ปล่อยตามสบาย เพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานเกร็งหรือยกขึ้นเมื่อทำงานได้ระยะหนึ่งผู้ปฏิบัติงานมีโอกาสเกิดความเมื่อยล้า และเกิดการบาดเจ็บสะสมได้

(2) ผู้ปฏิบัติงานยืนหลังตรง ไม่เอียงตัวไปข้างหน้าหรือข้างหลัง ไม่ยืนหลังงอหรือห่อไหล่ และไม่ควรเอื้อมมือไปหยิบสิ่งของที่อยู่ระดับสูงกว่าหัวไหล่ และระดับต่ำกว่ามือจนต้องก้มตัวลง ส่วนศีรษะของผู้ปฏิบัติงานต้องไม่เงยหรือก้มมากเกินไป

(3) ควรจัดให้มีแท่นรองรับชิ้นงานสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่มีความสูงมากหรือแท่นยกพื้น สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เตี้ยให้สามารถยืนทำงานได้อย่างเหมาะสม

(4) ควรจัดให้มีแผ่นปูรองพื้นที่ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น ไม่ลื่น สะอาด

(5) บริเวณที่ยืนทำงานนั้นต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง และสามารถขยับเท้าเคลื่อนที่ไปมาได้ทั้งไปข้างๆ ไปข้างหน้าและถอยหลังในแนวราบได้อย่างอิสระ

(6) ควรมีการจัดหาที่วางพักเท้าเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับเปลี่ยนอิริยาบถได้หรือสับเปลี่ยนน้ำหนักในการยืนเป็นครั้งคราวเพื่อช่วยลดความเมื่อยล้า และความเครียดของกล้ามเนื้อ

(7) ควรจัดให้มีเก้าอี้หรือที่นั่งพักไว้ในพื้นที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานนั่งพักในระหว่างช่วงพักได้อย่างสะดวก

(8) ผู้ปฏิบัติงานควรสวมรองเท้าที่มีความเหมาะสมพอดีเพื่อรองรับ และพยุงบริเวณที่เป็นส่วนโค้งของเท้า เพื่อลดความปวดเมื่อย

2.3.2.2 ท่าทางการทำงานสำหรับบุคคลที่นั่งเก้าอี้

(1) ควรปรับระดับความสูงของโต๊ะทำงานให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะซึ่งต้องไม่สูงหรือเตี้ยเกินไป โดยให้โต๊ะอยู่ในระดับที่เมื่อทำงานแล้วแขนท่อนล่างของผู้ปฏิบัติงานขนานกับพื้นหรือต้นขา ส่วนแขนท่อนบนขนานกับลำตัวซึ่งข้อศอกทั้งสองข้างทำมุม 90 องศา หัวไหล่ปล่อยตามสบาย เพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานเกร็งหรือยกขึ้น ทำให้เกิดความเมื่อยล้า และเกิดการบาดเจ็บสะสมกับผู้ปฏิบัติงานได้เมื่อทำงานไประยะหนึ่ง

(2) ควรปรับระดับความสูงของเก้าอี้ให้พอเหมาะกับความยาวของขาช่วงล่าง และสามารถวางเท้าไว้บนพื้นพอดีโดยที่สามารถสอดมือเข้าไปตรงบริเวณระหว่างต้นขากับขอบของที่นั่งของเก้าอี้ได้ เพราะจะทำให้เวลานั่งทำงานของที่นั่งของเก้าอี้ไม่ไปกดตรงบริเวณต้นขา ซึ่งขาช่วงล่างวางตั้งฉากกับพื้นขาช่วงบนวางตามเบาะนั่งของเก้าอี้ที่ขนานกับพื้น ทำให้หัวเข่าทั้งสองข้างทำมุม 90 องศา

(3) บริเวณที่ยืนทำงานนั้นต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง และควรมีที่วางพักเท้าเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถขยับเท้าทั้งสองเคลื่อนที่ไปมาได้อย่างอิสระ เพื่อช่วยลดความเมื่อยล้า และเครียดของกล้ามเนื้อ

(4) เก้าอี้ควรมีความมั่นคงแข็งแรงไม่โยกหรือเลื่อนไปมา

(5) ที่นั่งของเก้าอี้ต้องไม่เล็กเกินไป และมีความลึกให้พอเหมาะกับความยาวของขาช่วงบน นอกจากนี้บริเวณขอบของที่นั่งต้องมีลักษณะโค้งมนไม่ควรมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุม เพราะเวลานั่งทำงานจะทำให้เหลี่ยมมุมนั้นกดกับบริเวณต้นขาจนเกิดอาการเจ็บของกล้ามเนื้อได้

(6) วัสดุที่ใช้ทำเก้าอี้ต้องมีคุณสมบัติที่อากาศสามารถไหลผ่านได้ดีหรือระบายอากาศได้ดีทำความสะอาดง่าย ดูแลรักษาง่าย ไม่ควรมีลักษณะที่เกิดการลื่นได้ง่าย เพราะผู้ปฏิบัติงานต้องเกร็งตลอดเวลาการทำงานซึ่งทำให้รู้สึกเครียด และปวดเมื่อยกล้ามเนื้อได้

(7) พนักพิงต้องไม่เล็กเกินไป ซึ่งสามารถรองรับแผ่นหลังของผู้ปฏิบัติงานได้ทั้งหมด ไม่ควรเอนไปข้างหลังหรือข้างหน้า

เห็นได้ว่าการจัดสถานที่ปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงานเป็นสิ่งสำคัญเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผู้ปฏิบัติงาน สถานที่ปฏิบัติงานก็ต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาสามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์ที่สามารถปรับระดับได้ในสถานที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปรับระดับให้เหมาะสมกับตนเองได้ตลอดเวลา ดังนั้นการแก้ไขปัญหาด้านการยศาสตร์จึงไม่ใช่การปรับผู้ปฏิบัติงานให้เหมาะกับสภาพการทำงาน แต่เป็นการปรับสภาพการทำงานให้เหมาะกับผู้ปฏิบัติงาน โดยการออกแบบอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในการทำงานให้เหมาะกับความสามารถพื้นฐาน และข้อจำกัดต่างๆ ของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานให้เหมาะกับความสามารถ พื้นฐาน และข้อจำกัดต่างๆ ของผู้ปฏิบัติงาน เพื่อช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับความปลอดภัยในการทำงาน ไม่เกิดการเมื่อยล้าหรือการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจนมีอาการลุกลามร้ายแรง และยังทำให้เกิดสภาพการทำงานที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นด้วย

2.3.3 การจัดสถานที่ทำงาน (Arrangement of work place)

การจัดสถานที่ทำงานควรให้ความสำคัญในเรื่องของการจัดตำแหน่งของวัสดุอุปกรณ์ การออกแบบ และการจัดสถานที่ทำงานหรือโต๊ะทำงาน ให้พนักงานสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(1) การจัดตำแหน่งการทำงาน เริ่มจากการวางเครื่องมือ และวัสดุที่ใช้ในการทำงานต้องมีตำแหน่งที่แน่นอน เห็นได้อย่างชัดเจน จัดวางไว้อย่างเป็นระเบียบภายในระยะการทำงานสูงสุดของพนักงาน เพื่อลดเวลาการค้นหา และสร้างความคุ้นเคยให้กับพนักงานเพื่อให้สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างเป็นธรรมชาติ

(2) การออกแบบที่ทำงาน เริ่มจากการออกแบบสถานที่ทำงานต้องมีแสงสว่างเพียงพอ อากาศถ่ายเทได้สะดวก มีความแตกต่างกันของสีเพื่อเพิ่มสมรรถภาพในการมอง โต๊ะทำงาน เก้าอี้ทำงานและเครื่องจักรควรมีความสูงที่เหมาะสมตามสภาพการทำงาน และตำแหน่งอุปกรณ์ในการแสดงผลหรือควบคุม ควรให้อยู่ในระดับสายตาในขณะเดียวกันอุปกรณ์ควบคุมควรอยู่ระดับเดียวกับอวัยวะที่ใช้ควบคุม

2.3.4 การออกแบบเก้าอี้ทำงาน

การออกแบบเก้าอี้ทำงาน มีหลักการพื้นฐานที่จำเป็นต่อการออกแบบดังนี้

(1) ความสูงเก้าอี้ ควรปรับค่าสูง-ต่ำได้ มีค่าอยู่ที่ระดับความสูง 38-52 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าที่ได้บวกเผื่อความสูงของส้นรองเท้าประมาณ 2.53 เซนติเมตร และควรได้รับออกแบบเพื่อลดความเค้นกดที่ต้นขาด้านล่างไม่ให้มีค่ามากเกินไป โดยการออกแบบให้ขอบเก้าอี้ด้านหน้ามีปลายกลมมนโค้งลง

(2) ความลึก และความกว้างของแผ่นรองนั่ง สำหรับเก้าอี้อเนกประสงค์ควรมีความลึกไม่เกิน 43 เซนติเมตร และมีความกว้างประมาณ 40-45 เซนติเมตร

(3) ความลาดเอียงของแผ่นรองนั่ง ควรอยู่ในช่วงที่ด้านหน้าเอียงขึ้นประมาณ 5-7 องศา เหมาะสำหรับใช้กับงานเขียนแบบ และควรอยู่ในช่วงที่ด้านหลังเอียงขึ้นประมาณ 5 องศา เหมาะสำหรับงานทั่วไป

(4) ความโค้ง และความลาดเอนของพนักพิง ควรมีมุมเอนที่สามารถปรับได้ในช่วง 90-120 องศากับแนวราบ มีความกว้างของพนักพิงอย่างน้อย 30 เซนติเมตร มีความสูงของพนักพิงอย่างน้อย 50 เซนติเมตรเมื่อวัดจากจุดอ้างอิงหลักของเก้าอี้ และแผ่นรองหลังส่วนล่างควรมีความสูงประมาณ 15-22 เซนติเมตร กว้างประมาณ 30 เซนติเมตร หนาประมาณ 5 เซนติเมตร และติดตั้งสูงจากจุดอ้างอิงหลักของเก้าอี้ประมาณ 15-25 เซนติเมตร

2.3.5 การออกแบบพื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่ง

2.3.5.1 ประเภทงานที่เหมาะสำหรับงานนั่ง

การออกแบบพื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่ง เริ่มจากการคำนึงถึงสภาพงานที่เหมาะสมกับงานนั่งว่าลักษณะงานแบบใดควรมีการนั่งทำงานดังนี้

(1) ลักษณะงานที่ต้องใช้ความละเอียด แม่นยำในการทำงาน

(2) ลักษณะของงานพิมพ์เอกสาร งานเขียนแบบ ที่ใช้เวลาปฏิบัตินาน

(3) ลักษณะงานที่ต้องปฏิบัติงานในท่าเดิมซ้ำๆ เป็นเวลาติดต่อกันนานเกินกว่า 30 นาทีขึ้นไป เป็นงานที่สมควรกำหนดให้นั่งทำงาน

(4) ลักษณะงานที่ใช้มือในการบังคับควบคุม หรือออกแรงกล้ามเนื้อส่วนแขนในการทำงานเช่น งานควบคุมเครื่องจักร งานขับรถ งานจับพับชิ้นงาน เป็นต้น

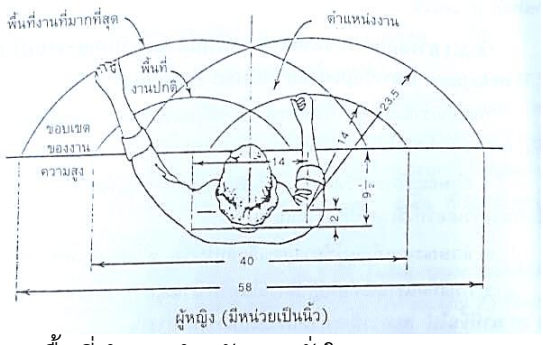
(5) ลักษณะงานที่ไม่ต้องออกแรงมากในการทำงาน หรือน้ำหนักวัตถุที่ยกไม่ควรเกิน 4.5 กิโลกรัม ยกเว้นว่ามีอุปกรณ์ช่วยผ่อนแรงในการยกหรือจับวัตถุชิ้นงานนั้นๆ

(6) ลักษณะงานที่มีการหยิบจับชิ้นงานแล้วต้องไม่ทำให้เกิดความเค้นและความเครียดแบบอยู่กับที่ของกล้ามเนื้อแขน และหัวไหล่มากเกินรับได้ หรือขณะทำงานมือ และแขนท่อนล่างต้องยกลอยอยู่เหนือพื้นผิวทำงานไม่สูงเกินกว่า 15 เซนติเมตร ถ้ามีความสูงเกินต้องนำแท่นมาหนุนรองรับแขนท่อนล่าง และมือ

2.3.5.2 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ

พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

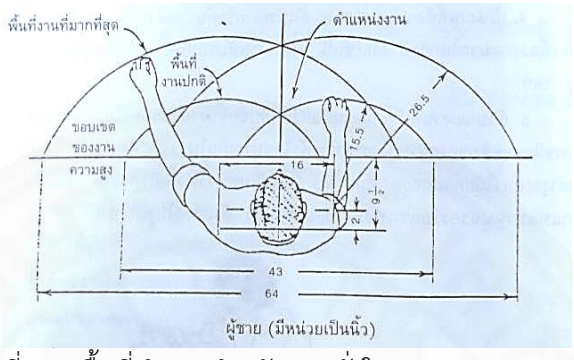
(1) พื้นที่ทำงานปกติ (Normal working area) เป็นพื้นที่ทำงานที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถกวาดมือทั้งสองข้างเป็นรูปครึ่งวงกลมซ้อนกันได้ โดยมีจุดหมุนอยู่ที่ข้อศอก และสามารถหยิบจับวัตถุต่างๆ ได้อย่างสะดวก มีขนาดพื้นที่แบ่งเป็นเพศหญิง และเพศชายดังภาพที่ 2.8 และ 2.9 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.8 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบของเพศหญิง

ที่มา : น.ต.สุทธิ์ ศรีบูรพา เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย, 2540 หน้า 246

(2) พื้นที่ทำงานสูงสุด (Maximum working area) หรือระยะเอื้อมมากที่สุด เป็นพื้นที่ปฏิบัติงานที่ผู้ปฏิบัติงานสามารถกวาดมือทั้งสองข้างเป็นรูปครึ่งวงกลมซ้อนกันได้ โดยมีจุดหมุนอยู่ที่หัวไหล่ และสามารถหยิบจับวัตถุต่างๆ ได้โดยไม่เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ มีขนาดพื้นที่แบ่งเป็นเพศหญิง และเพศชายดังแสดงในภาพที่ 2.8 และภาพที่ 2.9 ตามลำดับ



ภาพที่ 2.9 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบของเพศชาย

ที่มา : น.ต.สุทธิ์ ศรีบูรพา เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย, 2540 หน้า 246

2.3.5.3 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ

การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานต้องมีขนาดไม่มากเกินกว่าระยะพื้นที่ทำงานสูงสุด เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้พื้นที่ทำงานได้อย่างครอบคลุม โดยความสูงของพื้นที่ผิวการทำงานต้องไม่สูงเกินไป เพราะผู้ปฏิบัติงานต้องยกไหล่ขณะทำงานทำให้ปวดไหล่ และต้นคอ ต้องไม่เตี้ยเกินไป เพราะผู้ปฏิบัติงานต้องก้มตัวหรืองอหลังขณะทำงานทำให้ปวดหลัง ดังนั้นการออกแบบความสูงของพื้นผิวการทำงานควรมีความสูงที่เหมาะสม และต้องทำให้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในท่าที่ผ่อนคลายกล้ามเนื้อหลัง และไหล่ โดยความสูงที่เหมาะสมสามารถแบ่งตามลักษณะงานได้ดังตารางที่ 2.1

2.3.5.4 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง

พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง เป็นการทำงานในพื้นที่ที่อยู่เหนือพื้นผิวในแนวราบ จึงต้องคำนึงถึงขอบเขตลาดเอียงในแนวดิ่ง และในแนวด้านข้างเหนือพื้นผิวงานในแนวราบด้วย เพื่อให้สามารถหยิบจับวัตถุต่างๆ ได้โดยไม่เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ มีระยะการหยิบดังภาพที่ 2.10

ตารางที่ 2.1

ความสูงที่เหมาะสมของพื้นผิวแบ่งตามลักษณะงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ

ลักษณะของงาน	ผู้ชาย	ผู้หญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
งานทั่วไป	99-105	89-95
งานที่ต้องการความแม่นยำ	89-94	82-87
งานประกอบชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักเบา	74-78	70-75
งานหยาบ	69-72	66-70
การอ่านและเขียน	74-78	70-74
ความสูงสำหรับงานพิมพ์คอมพิวเตอร์	58-71	58-71

ที่มา : Ayoub, 1973, Grandjean, 1988, Human Factor Society, 1988

ภาพที่ 2.10 พื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง

ที่มา : น.ต.สุทธิ์ ศรีบูรพา เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย, 2540 หน้า 255

2.3.5.5 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานนั่งในแนวดิ่ง

การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานในแนวดิ่ง ควรออกแบบจัดวางอุปกรณ์หรือชิ้นงานให้อยู่ในระยะขอบเขตปกติ คือ ที่ระยะประมาณ 41 เซนติเมตร ทั้งทางซ้าย และทางขวา วัดจากกึ่งกลางพื้นผิว และอยู่เหนือพื้นผิวราบไม่เกิน 50 เซนติเมตร โดยมีระยะเหมาะสมที่สุด คือ 25 เซนติเมตร เพราะช่วยหลีกเลี่ยงความเมื่อยล้าที่เกิดกับกล้ามเนื้อบริเวณหัวไหล่ได้มาก เพื่อให้การเคลื่อนไหวของมือในการทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.3.6 การออกแบบพื้นที่ทำงานสำหรับงานยืน

2.3.6.1 ประเภทงานที่เหมาะสมสำหรับงานยืน

การออกแบบพื้นที่สำหรับลักษณะงานยืน โดยทั่วไปคนจะทำงานเคลื่อนไหวบริเวณรอบๆ เครื่องจักรหรือโต๊ะมากกว่าอยู่นิ่งกับที่ แต่ไม่ควรให้มีการเอื้อม บิดเอี้ยวตัว ก้มหรือเงยศีรษะขณะยืนทำงาน สำหรับสภาพงานที่เหมาะสมกับงานยืนควรมีลักษณะการทำงานดังนี้

(1) ลักษณะงานที่ต้องมีการขยับมือสูง-ต่ำ หรือไกลตัวบ่อยครั้ง

(2) ลักษณะงานที่มีการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มหลายคน

(3) ลักษณะงานที่มีการยกวัตถุหรือชิ้นงานที่มีน้ำหนักเกิน 4.5 กิโลกรัม

(4) ลักษณะงานที่ต้องมีการออกแรงกดหรือใช้น้ำหนักตัวเข้าช่วย

(5) งานซ่อมบำรุงบางประเภท

(6) สถานที่ปฏิบัติงานไม่มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการนั่ง

2.3.6.2 พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวราบ

พื้นที่ทำงานในแนวราบ คือพื้นที่ที่รัศมีการกวาดแขนขณะยืนตรง กินพื้นที่บนพื้นทำงานในแนวราบเป็นรูปโค้งครึ่งวงกลมซ้อนทับกัน โดยมีข้อศอกเป็นจุดหมุนสำหรับพื้นที่ทำงานปกติ และมีหัวไหล่เป็นจุดหมุนสำหรับพื้นที่ทำงานสูงสุด เช่นเดียวกับพื้นที่ทำงานสำหรับงานนั่งในแนวราบ

2.3.6.3 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานยืนในแนวราบ

การออกแบบความสูงของพื้นที่ผิวการทำงานต้องไม่สูงเกินไป เพราะผู้ปฏิบัติงานต้องยกไหล่ขณะทำงานทำให้ปวดไหล่ และต้นคอ ต้องไม่เตี้ยเกินไป เพราะผู้ปฏิบัติงานต้องก้มตัวหรืองอหลังขณะทำงานทำให้ปวดหลัง ดังนั้นการออกแบบความสูงของพื้นผิวการทำงานควรมีความสูงที่เหมาะสม โดยความสูงที่เหมาะสมอาศัยความสูงของข้อศอกเป็นหลักในการกำหนด สามารถแบ่งตามลักษณะงานได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2

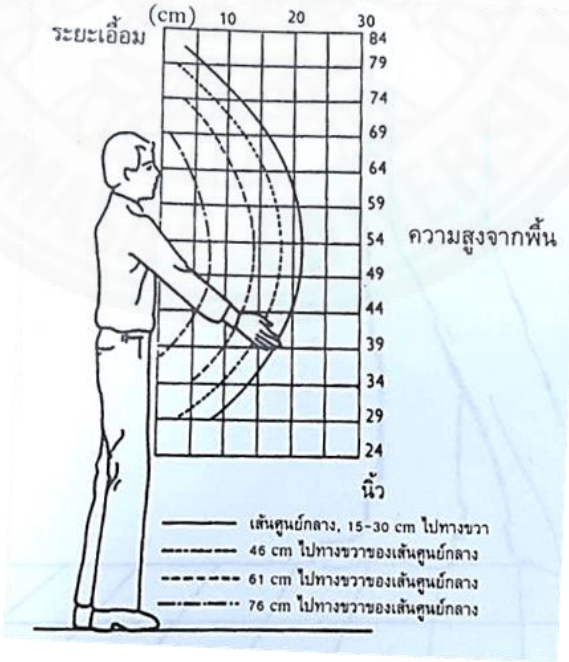
ความสูงที่เหมาะสมของพื้นผิวแบ่งตามลักษณะงานสำหรับงานยืนในแนวราบ

ลักษณะของงาน	ผู้ชาย	ผู้หญิง
	เซนติเมตร	เซนติเมตร
งานที่ต้องการความแม่นยำ	107-126	94-116
งานประกอบชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักเบา	88-107	81-96
งานที่มีน้ำหนักมาก	80-99	74-89

ที่มา : Ayoub, 1973

2.3.6.4 พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง

พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง เป็นการทำงานในพื้นที่ที่อยู่เหนือพื้นผิวในแนวราบ โดยผู้ถูกวัดต้องยืนตรงไม่มีการเอนตัวไปด้านใดด้านหนึ่ง ต้องคำนึงถึงขอบเขตลาดเอียงในแนวดิ่ง และในแนวด้านข้างเหนือพื้นผิวงานในแนวราบด้วย เพื่อให้สามารถหยิบจับวัตถุต่างๆ ได้โดยไม่เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ มีระยะการหยิบดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 พื้นที่ทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง

ที่มา : น.ต.สุทธิ์ ศรีบูรพา เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย, 2540 หน้า 259

2.3.6.5 การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง

การออกแบบพื้นที่ผิวการทำงานสำหรับงานยืนในแนวดิ่ง ผู้ปฏิบัติงานควรมีมุมมอง และตำแหน่งศีรษะอยู่ในลักษณะที่สบายต่อกล้ามเนื้อต้นคอ และมีระยะเอื้อมือขึ้นด้านบนสูงสุดประมาณ 1.24 เท่าของความสูงร่างกายในท่ายืนตรง เพื่อให้สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้โดยไม่เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ

2.4 การออกแบบอุปกรณ์และเครื่องมือ

การออกแบบอุปกรณ์ และเครื่องมือ เป็นการนำเครื่องทุ่นแรงเข้ามาช่วยในการทำงาน ทำให้พนักงานสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพมากขึ้น การออกแบบอุปกรณ์ และเครื่องมือโดยทั่วไปมีหลักการในการออกแบบดังนี้

(1) การใช้จิก (Jig) ฟิกเจอร์ (Fixture) หรือเครื่องมือควบคุมการทำงานด้วยเท้าเพื่อลดการทำงานด้วยมือ ทำให้สามารถใช้มือทำงานที่จำเป็นได้มากขึ้น และช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น

(2) อุปกรณ์ชนิดหนึ่งควรสามารถใช้งานได้มากกว่าหนึ่งอย่าง เพื่อความสะดวกในการใช้งาน และลดกิจกรรมการเคลื่อนที่เข้าหาและออกจากอุปกรณ์ลง

(3) ด้ามจับอุปกรณ์ควรมีขนาดที่เหมาะสม เพื่อให้มือสามารถสัมผัสกับส่วนด้ามจับของอุปกรณ์ได้มากที่สุด และช่วยลดความเมื่อยล้าที่อาจเกิดขึ้นในอุ้งมือระหว่างการทำงาน

(4) อุปกรณ์ที่ใช้ควรมีลักษณะที่สามารถกระจายน้ำหนักที่เหมาะสมกับนิ้วมือ เพื่อช่วยลดความเมื่อยล้าที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน

(5) เครื่องมือเครื่องจักรมีการออกแบบโดยใช้ข้อมูล และหลักการทางด้านการยศาสตร์ร่วมด้วย เพื่อช่วยลดการบาดเจ็บจากการทำงานของพนักงานลง

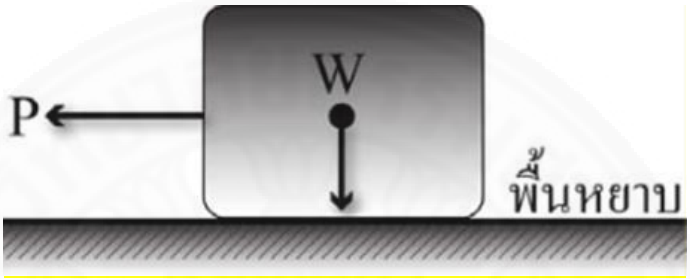
การออกแบบอุปกรณ์ และเครื่องมือโดยทั่วไปจำเป็นต้องคำนวณแรงที่เกี่ยวข้องในการทำงานเพื่อใช้เลือกหรือกำหนดวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างอุปกรณ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาแรงที่เกี่ยวข้องในการออกแบบอุปกรณ์ และเครื่องมือเพื่อช่วยในทำงาน ดังที่กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

2.4.1 แรงเสียดทาน

แรงเสียดทาน คือแรงชนิดหนึ่งในธรรมชาติที่มีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากแรงเสียดทานทำให้มนุษย์เราสามารถเดินบนพื้นเอียง หรือเคลื่อนที่สิ่งของต่างๆ ได้ ซึ่งหากปราศจากแรงนี้ จะทำให้ล้อรถ หรือเท้าของเราลื่นบนพื้น และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ตามหากแรงเสียดทานมีมากเกินไป อาจทำให้การเคลื่อนที่เป็นไปด้วยความยาก

ลำบาก และเป็นอีกสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียพลังงาน โดยการวิเคราะห์สมดุลที่คิดผลของแรงเสียดทาน งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์แรงเสียดทานกรณีพื้นผิวเสียดทานชนิดแห้ง (Dry Friction)

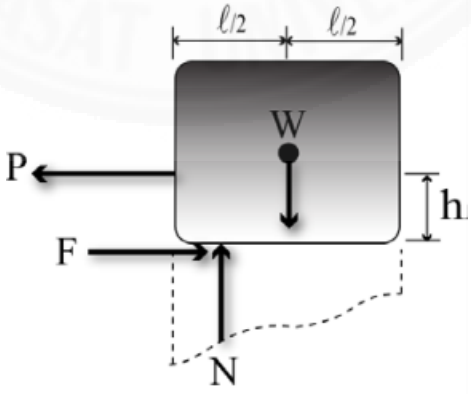
การเกิดแรงเสียดทานชนิดแห้งบนผิวสัมผัส เกิดขึ้นเมื่อผิวสัมผัสของของแข็งสองพื้นผิวสัมผัสกันโดยไม่มีของไหลคั่นระหว่างหน้าสัมผัสนั้นๆ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของแรงเสียดทานได้จากการพิจารณามวล ซึ่งมีแรงเนื่องจากน้ำหนักวัตถุเองคือ W นิวตัน กระทำอยู่ มวลนี้วางอยู่บนพื้นหยาบ และมีแรงดึง P นิวตัน ดึงไปทางซ้ายมือดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 มวลที่มีแรงดัน P ดึงไปบนพื้นราบ

ที่มา : วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์, 2553

จากภาพที่ 2.12 บริเวณผิวสัมผัสระหว่างมวลและพื้นหยาบ จะมีเส้นแรงเล็กๆ จำนวนมากกระทำอยู่บนพื้นผิวสัมผัสของมวลนี้ โดยแรงเหล่านี้มีลักษณะเป็นแรงกระจายไปตามผิวสัมผัส เมื่อกำหนดให้ F คือ แรงตัวแทนของแรงกระจาย F_n และ N คือ แรงตัวแทนของแรงกระจาย N_n สามารถเขียนแรงเหล่านี้บนมวลทั้งก้อนได้ดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 แรงตัวแทนของแรงกระจาย F_n และ N_n

ที่มา : วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร กลศาสตร์วิศวกรรม ภาคสถิตยศาสตร์, 2553

จากภาพที่ 2.13 แนวแรง F อยู่ในแนวเดียวกับแรงกระจาย F_n เนื่องจากแรงกระจาย F_n ทุกแรงอยู่ในแนวเดียวกัน ในขณะที่แรง N อยู่ที่ตำแหน่งเซ็นทรอยด์ (centroid) ของแรงกระจาย N_n โดยจุดเซ็นทรอยด์ของแรงกระจาย N_n อาจไม่ได้อยู่กึ่งกลางก็ได้ ดังนั้นตำแหน่งของแรง N ขึ้นกับรูปร่างของแรงกระจาย N_n ว่ามีรูปร่างอย่างไร โดยแรง N ถูกเรียกว่าแรงปฏิกิริยาที่พื้น และแรง F เรียกว่าแรงเสียดทาน

โดยแรงเสียดทาน (F) สามารถทำให้เกิด 2 เหตุการณ์ในขณะที่ออกแรง P เพื่อดึงมวลก้อนนี้ นั่นคือ เหตุการณ์ที่มวลก้อนนี้ล้มลง และเหตุการณ์ที่มวลก้อนนี้เกิดการลื่นไถล โดยเหตุการณ์ที่มวลก้อนนี้เกิดการล้มลงนั้น จะเกิดขึ้นเมื่อแรงเสียดทานและแรง P ที่ดึงมวลก้อนนี้มีค่ามาก พร้อมทั้งกระทำในตำแหน่งที่ทำให้แรง N เลื่อนมาอยู่ที่ขอบของมวล ดังนั้น มวลจะเริ่มล้มลงแทนการลื่นไถล (slip) ไปตามแนวแรง P อย่างไรก็ตาม มวลก้อนนี้จะเกิดการลื่นไถล ในกรณีที่แรง P อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำใกล้พื้นหยาบเพียงพอ และพื้นผิวสัมผัสมีแรงเสียดทานไม่มากพอ เมื่อแรง P มีค่ามากจนถึงจุดๆ หนึ่งก็จะเกิดเหตุการณ์ที่มวลเริ่มเคลื่อนที่ในลักษณะของการไถล (slip) ไปตามพื้นหยาบ แรงเสียดทานที่ต้านแรง P ที่เกิดขึ้นก่อนมวลลื่นไถลเรียกว่า แรงเสียดทานสถิตย์ (Static Friction) โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด (F_s) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงปฏิกิริยาที่พื้น (N) โดยสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.2

$$F_s = \mu_s N \tag{2.2}$$

จากสมการที่ 2.2 μ_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Static friction coefficient) และแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุดนี้เกิดขึ้นขณะที่มวล “เริ่ม” ลื่นไถล แต่เมื่อมวลเริ่มไถลแล้ว แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในช่วงนี้เกิดจาก “แรงยึด” (Adhesion Force) ที่เกิดขึ้นจากการติดกันของจุดสัมผัสที่มีอุณหภูมิสูงจากการขัดถูในระหว่างที่เคลื่อนที่ผ่านกันบนผิวสัมผัส โดยแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในขณะที่มวลเริ่มเคลื่อนไถลนี้เรียกว่า แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic frictional force) ในช่วงที่มวลยังไม่เคลื่อนที่ แรงเสียดทานสถิตย์มีค่าเท่ากับแรงดึง P และเมื่อเพิ่มแรงดึง P มากขึ้น แรงเสียดทานสถิตมีค่าสูงสุด โดยหาได้จากสมการที่ 2.2 จากนั้นจะเกิดการลื่นไถลขึ้น ทำให้แรงเสียดทานลดลงอย่างทันทีทันใด ในช่วงนี้แรงดึง P มีค่ามากกว่าแรงเสียดทานจลน์ (F_k) ทำให้มวลเริ่มมีความเร็วเกิดขึ้น ในช่วงแรกของการเคลื่อนที่ พบว่าการเพิ่มแรงดึง P ไม่ทำให้แรงเสียดทานจลน์ (F_k) เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่เมื่อแรงดึง P มีค่าเพิ่มสูงมากๆ ส่งผลให้ความเร็วของมวลเพิ่มขึ้น และก่อให้เกิดผลทางอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics effects) ซึ่งส่งผลให้แรงเสียดทานจลน์มีค่าลดลง เมื่อแรงดึง P มีค่าสูงมากๆ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้เน้นเฉพาะที่การหาแรงเสียดทานสถิตย์ โดยแรงเสียดทาน

สถิตย์มีค่าเท่ากับแรงที่พยายามทำให้วัตถุเคลื่อนที่ และแรงเสียดทานสถิตย์มีค่าสูงสุดได้ ไม่เกินที่คำนวณได้จากสมการที่ 2.2

2.4.2 ค่าความปลอดภัย

ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety) คือ ความเค้นที่ยอมให้ทนได้โดยที่ชิ้นงานไม่เกิดความเสียหาย เผื่อมีกรณีที่ไม่ปกติเกิดขึ้นกับสิ่งนั้นๆ โดยการเผื่อค่าความปลอดภัยนี้จะใช้กับการออกแบบสิ่งปลูกสร้าง วัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนยานพาหนะ ให้ยังสามารถรักษาสภาพไว้ได้ระดับหนึ่ง และยังมีเวลาก่อนที่จะถึงจุดวิกฤตหรือจุดแตกหัก

ค่าความปลอดภัยสามารถหาได้จากสมการที่ 2.3

$$F.S. = \frac{F_{fail}}{F_{allow}} \tag{2.3}$$

โดยกำหนดให้

$F.S.$ หมายถึง ค่าความปลอดภัย

F_{fail} หมายถึง แรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหาย

F_{allow} หมายถึง แรงที่อนุญาตให้ใช้งานได้

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบ สร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการพับ ม้วน และนำวุ้นเส้นใส่บรรจุภัณฑ์ โดยอุปกรณ์ต้นแบบนี้มีกระบอกลมเป็นส่วนหนึ่งของการทำงาน ซึ่งมีค่าความปลอดภัยตามกำหนดมาตรฐานสากลของกระบอกลม (ISO15552 และ VDMA24562) คือ 1.5

2.4.3 การเลือกขนาดกระบอกสูบ

การเลือกขนาดกระบอกสูบลมให้มีขนาดพอเหมาะกับงานในระบบนิวเมติกส์ มีองค์ประกอบในการพิจารณาอยู่หลายประการเช่น ความดันของลมที่ใช้ในระบบ น้ำหนักของงานที่กระบอกสูบกระทำ ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่รับภาระ ความเร็วของลูกสูบที่ต้องการใช้ และลักษณะงานที่นำกระบอกสูบไปใช้ โดยการใช้งานกระบอกสูบนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงค่าใดค่าหนึ่งส่งผลทำให้ค่าอื่นๆ เปลี่ยนแปลงด้วยดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ความสัมพันธ์เกี่ยวกับผลของการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ

ข้อมูลที่เปลี่ยน	ความเร็ว	แรงที่ได้รับ
เพิ่มความดันใช้งาน	ไม่มีผล	เพิ่มขึ้น
ลดความดันใช้งาน	ไม่มีผล	ลดลง
เพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ	ลดลง	เพิ่มขึ้น
ลดเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ	เพิ่มขึ้น	ลดลง

ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2546

จากตารางที่ 2.3 การเลือกขนาดกระบอกสูบให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน หรือขนาดของแรงที่ได้จากลูกสูบ สามารถหาได้จากการคำนวณจากสมการหรือจากการเปิดตาราง แสดงดังหัวข้อถัดไป

2.4.4 การคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบลม

การคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบลม คือ การหาแรงที่ได้รับจากลูกสูบเพื่อไปดันให้ก้านสูบไปกระทำกับโหลดให้เคลื่อนที่ ขึ้นอยู่กับความดันลมที่ใช้ เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ และแรงเสียดทานของซีลที่กระทำต่อกระบอกสูบ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการตามกฎของปาสคาล

$$F_{th} = 10(A \cdot P) \tag{2.4}$$

เมื่อ F_{th} คือ แรงที่ได้จากลูกสูบทางทฤษฎี (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ (cm^2)

P คือ ความดันใช้งาน (bar)

แรงที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ 2.4 นั้นเป็นแรงทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัตินั้นขณะที่ทำงาน แรงจะลดลงเนื่องจากค่าความเสียดทานที่มีค่าประมาณ 3-10% ของแรงที่คำนวณได้ตามทฤษฎี (ในกรณีที่ค่าความดันลมอัดที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 4-8 บาร์) นั่นคือ แรงในทางปฏิบัติมีค่าเป็น

$$F_n = 10(A \cdot P) - F_R \tag{2.5}$$

เมื่อ F_n คือ แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน (N)

F_R คือ แรงที่เกิดจากการเสียดทาน (N)

เนื่องจากลักษณะของกระบอกสูบในการใช้งานมีอยู่หลายแบบ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้กล่าวถึงหลักการการคำนวณเฉพาะกระบอกสูบแบบพื้นฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ กระบอกสูบแบบทำงานทางเดียว และกระบอกสูบแบบทำงานสองทาง แสดงดังนี้

(1) สำหรับลูกสูบชนิดทำงานทางเดียว

$$F_n = 10(A \cdot P) - \left(F_R + F_{Sp}\right)$$
$$F_n = 10\left(\frac{\pi}{4}D^2 \cdot P\right) - \left(F_R + F_{Sp}\right) \quad (2.6)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบ (cm)

F_{Sp} คือ แรงต้านของสปริง (N)

(2) สำหรับลูกสูบชนิดทำงานสองทาง

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งออก

$$F_{n1} = 10(A \cdot P) - F_R$$
$$F_n = 10\left(\frac{\pi}{4}D^2 \cdot P\right) - F_R \quad (2.7)$$

ในขณะที่ลูกสูบวิ่งเข้า

$$F_{n2} = 10A^{\cdot\cdot} \cdot P - F_R$$

เมื่อ $A^{\cdot\cdot}$ คือ พื้นที่วงแหวนของลูกสูบ (cm^2)

แต่ $A^{\cdot\cdot} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$

นั้นคือ

$$F_n = 10\left[\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \cdot P\right] - F_R \quad (2.8)$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (cm)

ค่าความต้านทานจากความเสียดทานมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้งาน ความเร็วของลูกสูบ คุณภาพการหล่อลื่น คุณภาพของผิวภายในกระบอกสูบ ชนิดของซีลที่ใช้ทำกระบอกสูบลม รวมทั้งก้านสูบด้วย

2.4.5 การหาค่าของกระบอกสูบลมจากตาราง

การหาค่าของกระบอกสูบลมจากตาราง สามารถเปิดหาค่าแรงดันสุทธิสำหรับกระบอกสูบลมได้ตามตารางที่ 2.4 โดยค่าแรงดันสุทธิที่ได้เป็นค่าที่คิดจากแรงเสียดทานมีขนาดร้อยละ 10 ของแรงดันทางทฤษฎี

ตารางที่ 2.4

ค่าแรงดันสุทธิของกระบอกสูบลม (1 กิโลกรัมแรง = 9.80665 นิวตัน)

ความดันใช้งาน (บาร์) / เส้นผ่านศูนย์กลางแกนกระบอก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
25	4	9	13	17	21	24	30	34	38	42	46	50	55	60	63
35	8	17	26	35	43	52	61	70	78	86	95	104	113	122	129
40	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180
50	17	35	53	71	88	106	124	142	159	176	194	212	230	248	264
70	34	69	104	139	173	208	243	278	310	346	381	416	451	486	519
100	70	141	212	283	353	424	495	566	636	706	777	848	919	990	1,059
140	138	277	416	555	693	832	971	1,110	1,248	1,386	1,525	1,664	1,803	1,942	2,079
200	283	566	850	1,133	1,416	1,700	1,983	2,266	2,550	2,832	3,116	3,400	3,683	3,966	4,248
250	433	866	1,300	1,733	2,166	2,600	3,033	3,466	3,800	4,332	4,766	5,200	5,633	6,066	6,498

ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2546

2.4.6 การหาความยาวช่วงชัก

การหาความยาวช่วงชักขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการ และโหลดที่กระทำกับก้านสูบ โดยความยาวสูงสุดของช่วงชักของก้านสูบที่มีตามมาตรฐาน JIS คือ 7400 มิลลิเมตร แต่ลักษณะของกระบอกสูบที่มีก้านสูบยาวมากๆ มีโอกาสเกิดปัญหาเรื่องการคดงอของก้านสูบได้ อย่างไรก็ตามความยาวช่วงชักของก้านสูบที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 2000 มิลลิเมตร เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองลมมากเกินไป ตารางที่ 2.5 แสดงการหาความยาวช่วงชักของก้านสูบ (L) ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ และภาระ โดยตัวเลขที่แสดงในตารางคือค่าความยาวช่วงชัก มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 2.5

การหาความยาวช่วงชักของก้านสูบ (L) ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบและภาระ

เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ (D)		40	50	63	80	100	125	140	160	180	200	224	250
เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ (D)		16	20	20	25	32	36	36	40	45	50	56	63
ภาระ (กิโลกรัมแรง)	20	2950	4610	4610									
	40	2060	3220	3220									
	60	1680	2630	2630	4110								
	80	1460	2260	2260	3570								
	100	1300	2040	2040	3190	5050							
	150	1070	1670	1670	2610	4140							
	200		1450	1450	2260	3580	4540	4540					
	250			1280	2010	3130	4000	4000	5150				
	300			1180	1850	2930	3600	3600	4720	5720	7300		
	350				1770	2730	3330	3330	4400	5370	6660		
	400				1590	2520	3120	3120	4070	5000	6500	8200	
	500				1430	2270	2800	2860	3660	4500	5600	7400	9200
	600					2070	2570	2570	3340	4080	5140	6600	8300
	700					1920	2400	2400	3090	3790	4780	6050	7600
	800					1760	2250	2250	2850	3540	4480	5650	7300
	900						2120	2120	2690	3350	4220	5350	6800
	1000						2010	2010	2360	3170	4000	5100	6500
	1500						1640	1640	2120	2590	3250	4150	5200
	2000								1870	2260	2840	3610	4500
	2500									2020	2500	3190	4000
	3000										2280	2870	3650
	3500										2110	2660	3370
	4000											2480	3160
	4500												2980
	5000												2820

ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547

ในการสร้างกระบอกสูบลมทั่วไป ส่วนใหญ่จะสร้างระยะชักสูงสุดของก้านสูบ ซึ่งเป็นช่วงชักที่นิยมในการนำไปใช้งานอุตสาหกรรมอย่างมาก แสดงดังตารางที่ 2.6 โดยถ้าความยาวของก้านสูบมากเกินไป นอกจากมีผลต่อการโก่งงอเกิดขึ้นกับก้านสูบแล้ว ยังทำให้สิ้นเปลืองลมมากเกินไป ดังนั้นในปัจจุบันจึงได้มีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการสร้างกระบอกสูบลมแบบลูกสูบเคลื่อนที่ แล้วให้ก้านสูบอยู่กับที่ (Rod less) ซึ่งกระบอกสูบนี้มีระยะชักได้ยาวมากกว่ากระบอกสูบแบบธรรมดา และประหยัดปริมาณได้หลายเท่า

ตารางที่ 2.6

ความยาวช่วงชักสูงสุดที่มีใช้ในงานอุตสาหกรรม

เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ	เส้นผ่านศูนย์กลางของก้านสูบ	เกลียวปลายก้านสูบ	ช่วงชักยาว
40	16	M14 × 1.5	500
50	20	M18 × 1.5	600
63	20	M18 × 1.5	600
80	25	M22 × 1.5	750
100	32	M26 × 1.5	750
125	36	M30 × 1.5	1000
140	36	M30 × 1.5	1000
160	40	M36 × 1.5	1200
180	45	M40 × 1.5	1200

ที่มา : ณรงค์ ตันชีวะวงศ์, 2547

ในกรณีที่ต้องการใช้งานที่มีช่วงชักยาวๆ ต้องเลือกให้ความยาวช่วงชักยาวกว่าช่วงชักที่ต้องการใช้งานเล็กน้อย เพื่อให้ระยะทางระหว่างจุดรับน้ำหนักของก้านสูบไม่น้อยเกินไป โดยระยะเผื่อความยาวช่วงชักควรมีค่าประมาณ 20% ของความยาวช่วงชักทั้งหมด

2.4.7 อัตราความสิ้นเปลืองลม

การหาอัตราความสิ้นเปลืองลมหรือปริมาณลมที่นำมาใช้กับอุปกรณ์สำนักงาน เช่น ลูกสูบ มอเตอร์ลม เพื่อเป็นการเตรียมลมอัดให้เพียงพอกับการทำงานของอุปกรณ์ และหาค่าพลังงานที่ต้องใช้จ่ายด้วย ความสิ้นเปลืองลมอัดนั้นขึ้นอยู่กับ ความดันใช้งานของอุปกรณ์ เส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบ ความยาวช่วงชักของลูกสูบ และจำนวนครั้งต่อเวลาในขณะทำงาน โดยการคำนวณหาค่าอัตราความสิ้นเปลืองลมอัดแสดงดังสมการที่ 2.9

$$Q_a = \frac{(A_1+A_2)\ x\ L\ x\ (P+1.033)\ x\ N}{1.033} \tag{2.9}$$

เมื่อ Q_a คือ อัตราความสิ้นเปลืองลมอัด

L คือ ช่วงชักกระบอกสูบ (cm)

A_1 คือ พื้นที่หน้าตัดของหัวลูกสูบ (cm^2) $A_1 = \frac{\pi}{4}D^2$

A_2 คือ พื้นที่หน้าตัดสุทธิทางด้านลูกสูบ (cm^2) $A_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$

P คือ ความดันลมอัดก่อนเข้ากระบอกสูบ (kgf/cm^2)

N คือ จำนวนครั้งการเลื่อนเข้าออกต่อนาที

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (cm)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางก้านสูบ (cm)

จากสมการที่ 2.9 เป็นการคำนวณหาปริมาณลมที่ใช้ภายในกระบอกสูบเท่านั้น ไม่ได้รวมปริมาตรของลมในท่อทางส่งลมอัดซึ่งต่ออยู่ระหว่างวาล์วกับกระบอกสูบ เนื่องจากปริมาตรลมภายในท่อขึ้นอยู่กับระบบการเดินท่อลม อย่างไรก็ตามค่าอัตราความสิ้นเปลืองลมต่อระยะชัก 1 เซนติเมตร ณ ความดัน 1 ถึง 15 บาร์ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7

ค่าอัตราความสิ้นเปลืองลมต่อระยะชัก 1 เซนติเมตร (1/cm)

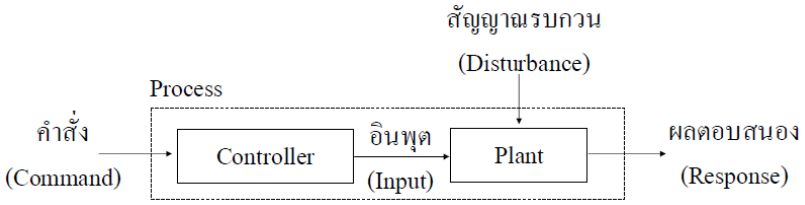
ความดันใช้งาน (บาร์) / เส้นผ่านศูนย์กลางแกนกระบอก	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	0.0009	0.0015	0.002	0.0024	0.0029	0.0034	0.0039	0.0044	0.0049	0.0054
10	0.0015	0.0023	0.0031	0.0038	0.0046	0.0053	0.0061	0.0069	0.0076	0.0084
12	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012
16	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022
18	0.005	0.007	0.010	0.012	0.015	0.017	0.020	0.022	0.025	0.027
20	0.006	0.009	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024	0.027	0.031	0.034
25	0.010	0.014	0.019	0.024	0.029	0.033	0.038	0.043	0.048	0.052
32	0.016	0.024	0.031	0.039	0.047	0.055	0.063	0.070	0.078	0.086
40	0.025	0.037	0.049	0.061	0.073	0.085	0.097	0.110	0.122	0.135
50	0.039	0.058	0.077	0.096	0.115	0.134	0.153	0.172	0.191	0.21

ที่มา : ปานเพชร ชินินทร และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ นิวแมติกส์อุตสาหกรรม, 2531 หน้า 118

2.4.8 ระบบควบคุมการทำงาน

ระบบควบคุม คือ ระบบที่ทำงานภายใต้การกำกับหรือสั่งการอย่างมีระเบียบแบบแผน เพื่อให้มีพฤติกรรมทางพลวัตเป็นไปตามความประสงค์ของมนุษย์อย่างอัตโนมัติ บนพื้นฐานของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบกายภาพ โครงสร้างของระบบควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ การควบคุมแบบวงจรเปิด และการควบคุมแบบวงจรปิด

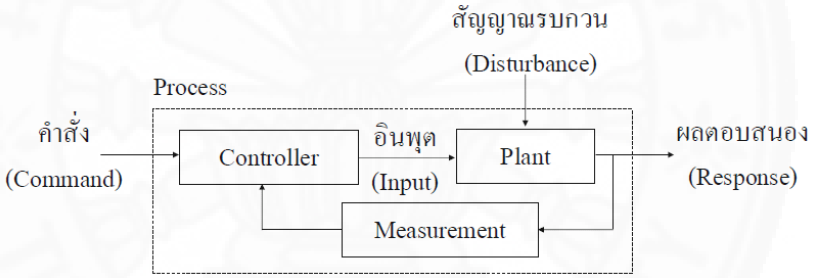
(1) Open-Loop Control การควบคุมแบบเปิด ตัวควบคุมจะส่งสัญญาณป้อนให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุมตามสัญญาณอ้างอิงที่รับมา โดยที่ตัวควบคุมทำการอนุมานว่าสิ่งที่ต้องการควบคุมได้รับสัญญาณป้อนแล้วนั้น ก็จะผลิตเอาท์พุตให้ได้ตามที่คาดหมายไว้โดยไม่ต้องทำการเช็คสัญญาณเอาท์พุตจริงดังภาพที่ 2.14 โดยมีข้อดี คือ การออกแบบ สร้าง และซ่อม มีความสะดวกและประหยัด และข้อเสีย คือ พฤติกรรมทางพลวัตที่ต้องการมีคุณภาพไม่ดีนัก



ภาพที่ 2.14 ลักษณะการทำงานของระบบควบคุมแบบ Open-Loop

ที่มา : http://www.electronics-tutorials.ws/systems/open-loop-system.html

(2) Closed-Loop Control การควบคุมแบบปิด ตัวควบคุมจะทำการเปรียบเทียบสัญญาณอ้างอิงหรือคำสั่งกับสัญญาณเอาท์พุตหรือผลตอบสนองที่ป้อนกลับมา โดยตัวตรวจจับแล้วนำไปสร้างสัญญาณป้อนหรืออินพุตให้กับสิ่งที่ต้องการควบคุม เพื่อที่จะให้ผลิตเอาท์พุตให้เป็นไปตามสัญญาณอ้างอิงที่ต้องการดังภาพที่ 2.15 โดยมีข้อดี คือ พฤติกรรมทางพลวัตที่ต้องการมีคุณภาพดีมาก และข้อเสีย คือ การออกแบบ สร้าง และซ่อม มีความซับซ้อน



ภาพที่ 2.15 ลักษณะการทำงานของระบบควบคุมแบบ Closed-Loop

ที่มา : http://www.electronics-tutorials.ws/systems/open-loop-system.html

2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องจักร

2.5.1 ระบบPLC (Programmable Logic Controller)

PLC เป็นอุปกรณ์สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรือระบบให้สามารถทำงานได้ตามโปรแกรมคำสั่งของผู้ใช้ เป็นการทำงานตามช่วงเวลาหรือตามลำดับขั้นตอนฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ โครงสร้างของ PLC มีส่วนประกอบคล้ายคอมพิวเตอร์ สามารถรับข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากหน่วยอินพุตและส่งออกเป็นเอาท์พุตได้เช่นกัน โครงสร้างโดยทั่วไปประกอบด้วย

(1) ฮาร์ดแวร์ (Hard Ware) เป็นส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แผงวงจร โมดูล สายสัญญาณ อุปกรณ์รับส่งสัญญาณ และแบตเตอร์รี่ เป็นต้น

(2) ซอร์ฟแวร์ (Soft Ware) เป็นส่วนของโปรแกรมภายใน PLC เพื่อใช้จัดการข้อมูล และประมวลผลการทำงานถูกเขียนโดยผู้ใช้

(3) เฟิร์มแวร์ (Firm Ware) เป็นซอร์ฟแวร์ประเภทหนึ่งติดตั้งถาวรมาจากบริษัทผู้ผลิต ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานหลัก

2.5.2 ระบบนิวเมติกส์

ระบบนิวเมติกส์ หมายถึง ระบบที่ใช้ลมอัดเป็นต้นกำลังในการทำงาน ควบคุมการทำงานโดยวาล์วควบคุมการจ่ายลมให้อุปกรณ์ทำงาน สำหรับงานวิจัยเล่มนี้มีอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

(1) กระบอกสูบทางเดียว มีลักษณะเป็นทรงกระบอกภายในกลวง มีก้านสูบเคลื่อนที่ตามแกนกลางภายในกระบอกที่ปลายก้านสูบมีซีลกันลมรั่ว ระยะการเคลื่อนที่ของก้านสูบมีค่าขึ้นกับความยาวกระบอกสูบสามารถสั่งให้ก้านสูบเคลื่อนที่ได้เพียงทิศเดียวด้วยการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกสูบ และทำการจ่ายลมอัดเข้ากระบอกสูบในทิศทางตรงข้ามเพื่อให้ก้านสูบเคลื่อนที่กลับสู่ตำแหน่งปกติดังภาพที่ 2.16

ภาพที่ 2.16 กระบอกสูบทางเดียว
ที่มา : http://nipornrakservice.co.th/product

(2) โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve) เป็นอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ภายในมีโครงสร้างประกอบด้วย ขดลวดที่พันกันอยู่รอบแท่งเหล็ก ประกอบด้วยแม่เหล็กชุดบนกับชุดล่าง เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดที่พันรอบแท่งเหล็กทำให้เกิดอำนาจแม่เหล็กดึงแท่งแม่เหล็กชุดตรงข้ามมาสัมผัสกันทำให้ครบวงจรทำงาน เมื่อวงจรถูกตัดกระแสไฟฟ้าทำให้อำนาจแม่เหล็กหมดไป แท่งเหล็กทั้งสองจะกลับสู่ตำแหน่งปกติ จากหลักการข้างต้นจึงได้นำมาใช้ในการเลื่อนลิ้นวาล์วเพื่อใช้ในการบังคับเปิด-ปิดการจ่ายลมของระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้าดังภาพที่ 2.17

ภาพที่ 2.17 โซลินอยด์วาล์ว

ที่มา : http://tip-top.nanasupplier.com/solenoid-valve-152810-4.html

2.5.3 เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ (Capacitive Sensor)

เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุมีการทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงของความจุเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของวัตถุชนิดหนึ่งเข้ามาใกล้สนามไฟฟ้าของคาปาซิสเตอร์ สามารถตรวจจับอุปกรณ์ที่ไม่ใช่โลหะได้ มีความเร็วในการตรวจจับสูง และสามารถแยกความแตกต่างสีได้ดังภาพที่ 2.18

ภาพที่ 2.18 เซนเซอร์ชนิดเก็บประจุ

ที่มา : http://www.engineerfriend.com/2012/articles/photoelectric-sensor/

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิธีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เป็นการพัฒนาความพร้อมในการแข่งขัน ทั้งด้านคุณภาพ ราคา การส่งมอบ ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อมในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งการปรับปรุงการทำงานทางการยศาสตร์นับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มผลผลิต ประสิทธิภาพ และความปลอดภัย ในภาคอุตสาหกรรม โดยการออกแบบปรับปรุงท่าทางการทำงาน และจัดหาอุปกรณ์ช่วยในการทำงานให้มีความเหมาะสมกับการทำงานของมนุษย์ให้มากที่สุด จากการศึกษาพบว่า [David Beevis, 2546 และ Hal W. Hendrick, 2546] ได้สรุปการศึกษาเรื่องการยศาสตร์ว่า สถานประกอบการที่มีท่าทางการทำงานตามหลักการยศาสตร์ที่ดีและมีประสิทธิภาพเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายของบริษัท หรือเสียผลประโยชน์น้อยที่สุด [ภูกิจ คำนึงธรรมกุลชา และ ฤภูวัลย์ จันทรสา, 2554] ได้ออกแบบปรับปรุงการทำงาน สถานีงาน และสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตชิ้นงานการเชื่อม ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและลดความเสี่ยงจากการทำงาน โดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์ในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำงาน อย่างไรก็ตามสถานประกอบการในทุกประเภทอุตสาหกรรมมีจำนวนมากที่ต้องใช้แรงงานคนในการทำงาน ซึ่งรวมถึงงานที่ต้องออกแรงใช้กำลังมากและทำด้วยท่าทางซ้ำเดิมตลอดเวลา จากสภาพดังกล่าวส่งผลให้ผู้ทำงานมีอาการปวดหลัง คอ ข้อมือ แขน ขา และสายตา มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น [พาวิณี ใจบาน, วีระพร ศุทธากรณ์ และ ธานี แก้วธรรมานุกูล, 2556] ได้ศึกษาปัจจัยด้านการยศาสตร์และอาการผิดปกติโครงร่างกล้ามเนื้อ โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมการยศาสตร์เพื่อลดอาการปวดกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆของร่างกายพนักงานจากการทำงาน ดังนั้นสถานประกอบการควรคำนึงถึงการจัดการสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยในการทำงานให้พนักงานทั้งสถานที่ อุปกรณ์สำนักงาน และเครื่องมือต่างๆ นอกจากการประยุกต์หลักการยศาสตร์กับสถานประกอบการแล้ว [วันชัย แหลมหลักสกุล, สมภพ ตลับแก้ว, นราธิป แสงซ้าย และ สงกรานต์ บางศรัณย์ทิพย์, 2550] ได้ประยุกต์หลักการยศาสตร์ในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ไม้ประกับไผ่ให้มีส่วนโค้งสามารถรองรับสรีระของร่างกายได้อย่างสมบูรณ์ อีกทั้ง [Karin Garmer, Lena Sperling และ Anette Forsberg, 2544] ได้พัฒนาอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับเด็กที่ออกแบบโดยใช้หลักการของการยศาสตร์สำหรับเด็กเป็นสำคัญอีกด้วย อย่างไรก็ตามในการประเมินปัญหาทางด้านการยศาสตร์ที่เกิดขึ้นในการทำงาน สามารถประเมินได้หลายวิธีเช่น RULA, REBA, OWAS เป็นต้น จากนั้นนำผลที่ได้จากการประเมินมาวิเคราะห์ และสรุปปัญหาด้านการยศาสตร์ในส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เกิดขึ้น แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าว การปรับปรุงแก้ไขปัญหาทางการยศาสตร์นั้นสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การปรับปรุงแก้ไขปัญหาด้านท่าทางการทำงานโดยใช้อุปกรณ์เสริมหรือเครื่องจักรแทนการทำงานของพนักงาน การปรับเปลี่ยนลักษณะท่าทางการทำงาน

ของพนักงาน โดยที่ผ่านมา มีนักวิจัยหลายท่านทำการประเมินปัญหาด้านการยศาสตร์ และปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีศึกษาที่แตกต่างกัน [กุลยุทธ บุญเซ่ง และ ธนะรัตน์ รัตนกูล, 2554] ได้นำเทคนิคการประเมิน OWAS และ RULA ไปใช้ในการประเมินการผลิต EM Ball โดยพบว่าในขั้นตอนการจัดเรียงมีระดับความเร่งด่วนในการแก้ไขสูงที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยการออกแบบและสร้างเครื่องอัดผสม EM Ball เพื่อลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บทางร่างกายจากท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้อง [วีรชัย มัฏฐารักษ์, วิภาวี ศรีทาสร้อย และ มนตรี เรืองประดับ, 2554] ได้นำเทคนิคการประเมิน RULA และ REBA ไปใช้ในการประเมินปัญหาด้านการยศาสตร์การกวนสับประรด โดยผลการประเมินทั้งสองเทคนิคมีค่าสอดคล้องกันคือ ควรมีการปรับปรุงการทำงาน โดยออกแบบและสร้างเครื่องกวนสับประรด เพื่อช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับสุขภาวะอนามัยในการทำงาน นอกจากนี้ [วีรชัย มัฏฐารักษ์, เดช เหมือนขาว และ ยงยุทธ ดุลยกุล] ได้ประเมินท่าทางการกวนน้ำตาลโตนดในกระบวนการผลิตโดยใช้แรงงานคนโดยใช้เทคนิคการประเมิน RULA ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าเริ่มมีปัญหาทางการยศาสตร์ จึงเสนอแนวทางการออกแบบและสร้างเครื่องกวนน้ำตาลโตนดเพื่อเป็นเครื่องทุ่นแรงแทนแรงงานคน [สุวัสสา เพ็งสีแสง, 2552] ได้ศึกษาปัญหาด้านการยศาสตร์และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในชาวนา โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของขั้นตอนการทำนากับอาการเจ็บปวดในส่วนต่างๆของร่างกาย พบว่าขั้นตอนการเก็บเกี่ยวมีโอกาสทำให้ชาวนามีอาการเจ็บปวดบริเวณส่วนหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต จึงเสนอการปรับปรุงลักษณะการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ [ธนพล บุปผา, 2548] ลดอาการปวดหลังของพนักงานในโรงงานผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยการปรับปรุงสถานีงาน โดยทำการออกแบบและสร้างสถานีงานใหม่ ให้มีลักษณะถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ พร้อมทั้งประเมิน RULA [ธวัช เมฆโพธิ์, วรรธนะ ชลายนเดชะ และ ยุทธชัย บันเทิงจิตร] ได้ลดการทำงานของกล้ามเนื้อของพนักงานในแผนกกลึงของโรงงานผลิตล้ออลูมิเนียมซึ่งต้องยกล้ออลูมิเนียมหนัก 9.8 กิโลกรัม ในกระบวนการผลิตโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์ และประเมินค่า RULA ของการทำงาน พบว่าสาเหตุที่ทำให้พนักงานมีความเจ็บปวดเกิดจากการจัดสภาพงานที่ไม่เหมาะสม จึงได้ปรับปรุงการจัดวางตำแหน่งให้ระดับล้อที่ยกอยู่ในระดับเอว ทั้งนี้ [Nilüfer Öztürk และ Melek Nihal Esin, 2554] ได้ศึกษาอาการปวดกล้ามเนื้อของพนักงานเย็บผ้าในโรงงานอุตสาหกรรมที่ประเทศตุรกี พร้อมทั้งประเมินคะแนนท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA โดยพบสาเหตุเนื่องมาจากปัจจัยทางการยศาสตร์ที่ไม่ถูกต้อง จึงได้เสนอแนวทางแก้ไขด้วยการปรับปรุงสถานที่ทำงานให้เหมาะสม [Per Langaa Jensen, 2544] เสนอแนวทางการใช้กิจกรรมในการแก้ปัญหาทางการยศาสตร์ในระยะยาว หลังจากได้ศึกษาและประเมินปัจจัยทางการยศาสตร์ของพนักงานในสายการผลิตที่ประเทศสวีเดนที่พนักงานต้องทำงานในลักษณะท่าทางซ้ำเดิมตลอดทั้งวัน [Hsin-Yi Kathy Cheng, Chen-Yi Cheng และ Yan-Ying Ju, 2555] ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความผิดปกติ

หรืออาการบาดเจ็บทางกล้ามเนื้อ และปัจจัยเสี่ยงจากท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ของพนักงานในประเทศไต้หวัน จากผลการศึกษาพบว่าพนักงานส่วนใหญ่เกิดการบาดเจ็บบริเวณช่วงคอและไหล่ และได้เสนอแนะให้มีการรณรงค์การจัดสถานที่ทำงานและสิ่งแวดล้อมในการทำงานให้ถูกต้อง นอกจากนี้ [Bradley S. Joseph, 2546] ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาด้านการยศาสตร์ของบริษัทรถยนต์ ฟอร์ด มอเตอร์ พบว่าวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาคือ การร่วมกันระบุปัญหาทางการยศาสตร์ของคณะผู้บริหารและทีมพนักงาน เพื่อหาแนวทางในการแก้ไข และมาตรการในการป้องกันต่อไป

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาการบาดเจ็บของพนักงานที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ของโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งด้วยการประเมินทางด้านการยศาสตร์ และทำการปรับปรุงแก้ไขด้วยการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน มีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

3.1 การศึกษาขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น

การศึกษาขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้นเพื่อให้ทราบถึงกระบวนการผลิตวุ้นเส้นโดยภาพรวม และทราบถึงที่มาของวุ้นเส้นก่อนขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ จากนั้นศึกษาขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่โรงงานประสบปัญหาการบาดเจ็บของพนักงาน โดยขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น และขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบันแสดงในหัวข้อที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

3.2 การศึกษาการทำงานของพนักงาน

3.2.1 การศึกษาท่าทางการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น

การศึกษาท่าทางการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น เริ่มจากติดต่อโรงงานผู้ผลิตเพื่อขอเข้าไปศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตวุ้นเส้น โดยทางโรงงานให้ข้อมูลว่าปัจจุบันประสบปัญหาการบาดเจ็บของพนักงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาการทำงานภายในโรงงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยใช้วิธีศึกษาท่าทางการทำงานของพนักงานในปัจจุบันด้วยการสอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงาน และผู้วิจัยทดลองปฏิบัติจริง เบื้องต้นพบว่าขณะทำการม้วนวุ้นเส้นได้เกิดการบาดเจ็บ เนื่องจากวุ้นเส้นมีความแข็งและเหนียวมาก ทำให้กล้ามเนื้อมือและแขนเกิดการล้า ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการอักเสบของกล้ามเนื้อในส่วนของมือและแขนได้ โดยรายละเอียดการเคลื่อนไหวร่างกายขณะทำงานของพนักงานสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 4.3 และภาพแสดงการทำงานแสดงที่ภาคผนวก ข.

3.2.2 การเก็บข้อมูลการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น

การเก็บข้อมูลการทำงานของพนักงาน เนื่องจากข้อจำกัดด้านการเผยแพร่ข้อมูลของโรงงาน ทางโรงงานจึงห้ามทำการบันทึกภาพภายในบริเวณโรงงาน อย่างไรก็ตามทางโรงงานได้บันทึกภาพเคลื่อนไหวการทำงานของพนักงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และข้อมูลเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอนในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ พร้อมทั้งให้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาปัญหาการบาดเจ็บ และสาเหตุของปัญหาการบาดเจ็บเรื้อรังของพนักงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

3.2.3 การวิเคราะห์ปัญหาการบาดเจ็บของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น

หลังศึกษาการทำงานด้วยการสอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงาน พบว่าพนักงานส่วนใหญ่มีอาการบาดเจ็บเป็นพังผืดที่มือ ปวดกล้ามเนื้อ และปวดบริเวณหลัง อย่างเรื้อรัง ต่อมาผู้วิจัยได้ทดลองปฏิบัติจริง พบว่าขณะที่ทำการม้วนวุ้นเส้นเกิดการล้าในส่วนกล้ามเนื้อมือและแขน เนื่องจากวุ้นเส้นมีความแข็งและเหนียวมาก จากการศึกษาภาพเคลื่อนไหวการทำงานของพนักงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ พบว่าพนักงานมีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากการจัดวางวัสดุและอุปกรณ์อยู่ในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสม จากปัญหาข้างต้นเป็นปัญหาทางการยศาสตร์ที่เกิดจากท่าทางในการทำงานไม่เหมาะสม จำเป็นต้องศึกษาการประเมินภาระงานทางการยศาสตร์ และการออกแบบการทำงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ เพื่อหาท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมในปัจจุบัน และปรับปรุงท่าทางการทำงานให้เหมาะสม ด้วยการออกแบบการทำงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ และออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถช่วยพนักงานในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยรายละเอียดการประเมินภาระงานทางการยศาสตร์ การออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์ และการออกแบบอุปกรณ์สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 2.14 และ 2.3 ตามลำดับ

3.3 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.3.1 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการศึกษาวิธีการทำงาน

การศึกษาปัญหาท่าทางการทำงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นจำเป็นต้องศึกษาด้านการศึกษาวิธีการทำงาน เพื่อให้ทราบถึงวิธีการที่ใช้ในการเก็บข้อมูล และสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาทางการยศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง จึงต้องทำการศึกษาท่าทางการทำงานของมือซ้ายและมือขวา โดยรายละเอียดการศึกษาท่าทางการทำงานของมือซ้ายและมือขวาสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 2.2.6

3.3.2 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการยศาสตร์

การศึกษาท่าทางการทำงานของมือซ้ายและมือขวาในการศึกษาปัญหาท่าทางการทำงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้น จำเป็นต้องศึกษาด้านการยศาสตร์ เพื่อหาสาเหตุการบาดเจ็บทางการยศาสตร์ สำหรับการประเมินภาระงานทางการยศาสตร์ จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้ทราบว่าควรใช้การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ซึ่งสามารถวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน เพื่อให้ทราบถึงท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมในปัจจุบัน พร้อมทั้งศึกษาการออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์ โดยทำการศึกษาข้อมูลสัดส่วนร่างกายของชาวเอเชียเพศหญิง และท่าทางมาตรฐานตามหลักการยศาสตร์ เพื่อใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เครื่องมือที่ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานใหม่ให้เหมาะสม โดยรายละเอียดการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และการศึกษาท่าทางมาตรฐานตามหลักการยศาสตร์สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 2.1.5.2 และ 2.3.1 ตามลำดับ

3.3.3 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการออกแบบ

เพื่อแก้ปัญหาทางการยศาสตร์ที่เกิดขึ้นต่อพนักงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงเสนอการนำอุปกรณ์มาใช้ร่วมกับพนักงานในการทำงาน เพื่อลดการออกแรงในการทำงานของพนักงานในขั้นตอนที่เป็นสาเหตุของปัญหาทางการยศาสตร์ โดยในการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน จำเป็นต้องศึกษาการออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์ การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน เช่น ความสูงและความกว้างของโต๊ะ เก้าอี้ ระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในอุปกรณ์ เป็นต้น โดยรายละเอียดการออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์ การออกแบบอุปกรณ์ที่สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

3.3.4 การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยด้านการศึกษาเวลา

การปรับปรุงการทำงานต้องมีการศึกษาในเรื่องของเวลา เพื่อให้ทราบถึงเวลาที่ใช้ในการทำงานระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานของพนักงาน ด้วยการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาใช้ร่วมกับพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยรายละเอียดการศึกษาเวลาสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในหัวข้อที่ 2.2.2

3.4 การวิเคราะห์ท่าทางการทำงาน

จากการศึกษาการทำงานของพนักงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ท่าทางการทำงานของพนักงาน ด้วยการนำข้อมูลการเคลื่อนไหวร่างกายของพนักงานในแต่ละขั้นตอน มาทำการแบ่งลักษณะการเคลื่อนไหวขณะทำงานออกเป็นการเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวา แล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมือซ้ายและมือขวา มาวิเคราะห์ร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกายขณะทำงานของพนักงาน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานได้อย่างละเอียด ตามการเคลื่อนที่ในการทำงานของมือซ้ายและมือขวา ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA โดยรายละเอียดการทำงานของมือซ้ายและมือขวา และการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน แสดงในหัวข้อที่ 4.3

3.5 การเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน แสดงให้เห็นถึงความรุนแรงที่เกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานในปัจจุบัน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิธีการแก้ไข โดยได้ทำการปรับปรุงท่าทางการทำงานของพนักงานให้เหมาะสม และคิดค้นอุปกรณ์ที่ช่วยแบ่งเบาภาระงานของพนักงาน จึงได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับใช้ในการบรรจุวุ้นเส้นและปรับเปลี่ยนท่าทางในการทำงาน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน โดยรายละเอียดการปรับปรุงการทำงานแสดงในหัวข้อที่ 4.4

3.6 การสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน

ขั้นตอนนี้เป็นการนำแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับใช้บรรจุวุ้นเส้นที่ได้จากการเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหา มาจำลองการทำงานตามลักษณะงานในแต่ละขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ด้วยคอมพิวเตอร์ แล้วทำการปรับแก้แบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม และคำนวณแรงเพื่อใช้ในการเลือกวัสดุอุปกรณ์ จากนั้นนำแบบที่ผ่านการจำลองและปรับแก้แล้ว มาทำการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานด้วยวัสดุที่มีราคาไม่สูงมาก และสามารถปรับปรุงแก้ไขได้ง่ายให้สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม และนำไปเป็นแบบในการสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานด้วยวัสดุสำหรับ

งานอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ได้ สำหรับรายละเอียดการเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน และขั้นตอนการทำงานภายหลังการปรับปรุงการทำงาน แสดงในหัวข้อที่ 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

3.7 การประเมินและวัดประสิทธิภาพในการทำงาน

นำต้นแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานที่ได้ ไปทดลองใช้ในกระบวนการผลิตวุ้นเส้นในส่วนของขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ แล้วทำการประเมินการทำงาน โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานดังนี้

(1) เปรียบเทียบความเสี่ยงทางด้านการยศาสตร์ของท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ด้วยอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

(2) เปรียบเทียบการทำงานของมือซ้ายและมือขวา จากการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน ด้วยอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสำหรับกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

(3) เปรียบเทียบเวลาในการบรรจุวุ้นเส้นจากการศึกษาการเคลื่อนที่และเวลา ระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน ด้วยการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

โดยรายละเอียดของขั้นตอนในการประเมินการทำงาน ผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังปรับปรุงการทำงาน และการเปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงาน แสดงในหัวข้อที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

3.8 การวิเคราะห์และสรุปผล

นำผลที่ได้จากประเมินและวัดประสิทธิภาพในการทำงานมาวิเคราะห์และสรุปผล เพื่อสรุปผลการปรับปรุงการทำงาน ด้วยการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาใช้ในการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์แทนการใช้แรงงานคน สามารถช่วยลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน สามารถช่วยลดเวลาในการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ลงได้อย่างเหมาะสมและสามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคตได้ โดยรายละเอียดแสดงในหัวข้อที่ 5.4

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในบทนี้ได้อธิบายขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้นพอสังเขป และอธิบายขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์อย่างละเอียด พร้อมแผนผังแสดงการจัดวางสถานที่ปฏิบัติงาน จากนั้นทำการบันทึกท่าทางการทำงานโดยใช้แผนภูมิมือซ้าย มือขวา เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัญหาทางด้านการยศาสตร์ที่เกิดขึ้นโดยวิธีการประเมินด้วยการสังเกตจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA เมื่อทราบถึงปัญหา งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงการทำงานโดยปรับเปลี่ยนท่าทางการทำงาน ออกแบบการจัดวางสถานปฏิบัติงานใหม่ พร้อมทั้งออกแบบ และสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาช่วยในขั้นตอนที่มีปัญหาทางการยศาสตร์ เนื่องจากการใช้แรงในบางส่วนของร่างกายและมีการทำซ้ำตลอดเวลาการทำงาน เป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน

4.1 ขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น

วุ้นเส้นทั่วไปผลิตจากส่วนประกอบหลักคือถั่วเขียวนำมาแปรรูปเป็นวุ้นเส้น มีกรรมวิธีในการผลิตตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากนำถั่วเขียวมาล้างทำความสะอาดด้วยการแช่น้ำที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยทำทั้งหมดสองรอบ

ขั้นตอนที่ 2 ลำเลียงถั่วเขียวที่ล้างสะอาดแล้วเข้าเครื่องโม่ เพื่อทำการบดถั่วเขียวให้ละเอียดจนได้เป็นแป้งจากถั่วเขียว

ขั้นตอนที่ 3 นำแป้งถั่วเขียวที่ได้ พักไว้ในถังพักเพื่อให้ตกตะกอน เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 4 นำแป้งถั่วเขียวที่ได้จากการตกตะกอนไปอบหรือนำไปตากแดดให้แห้ง

ขั้นตอนที่ 5 นำแป้งถั่วเขียวแห้งนวดผสมน้ำ ให้ได้เนื้อแป้งที่เหนียวคล้ายแป้งเปียก

ขั้นตอนที่ 6 ทำการโรยเส้นด้วยการอัดเนื้อแป้งถั่วเขียวที่มีความเหนียวคล้ายแป้งเปียกผ่านรูขนาดเล็กเท่ากับขนาดเส้นที่ต้องการจำนวนหลายๆ รู ลงในน้ำเย็นเพื่อไม่ให้เส้นติดกัน และคงรูป โดยผ่านน้ำเย็นสามน้ำติดต่อกัน

ขั้นตอนที่ 7 ตัดวุ้นเส้นที่ได้ให้มีความยาวตามขนาดที่ต้องการ ก่อนนำไม้แขวนมาแขวนวุ้นเส้นเพื่อให้น้ำออกจากวุ้นเส้น ในขณะเดียวกันทำการดึงยืดวุ้นเส้นในขณะเปียกถึงเริ่มแห้ง เพื่อให้เส้นวุ้นเส้นยืดออก จะได้วุ้นเส้นที่มีความยาวมากขึ้น มีขนาดเส้นเล็กลง และมีเส้นตรงสวยงามมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 8 แขวนผึ่งวุ้นเส้นไว้ให้น้ำแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 9 นำวุ้นเส้นที่แห้งแล้วมาล้างยางถั่วออก เพื่อให้ได้วุ้นเส้นที่ไม่เหนียวและมีความนุ่มลื่นเมื่อใช้ประกอบอาหาร

ขั้นตอนที่ 10 เมื่อล้างยางถั่วออกเสร็จแล้ว นำวุ้นเส้นที่ได้ไปตากแดดให้แห้ง ใช้เวลาประมาณ 3 วัน ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องมีการคลี่ สางวุ้นเส้นไม่ให้ติดหรือพันกันเป็นก้อน

ขั้นตอนที่ 11 เมื่อวุ้นเส้นแห้งแล้ว ทำการการคัดแยกเกรดก่อนลำเลียงไปสถานีงานบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 12 ทำการวางและจัดเรียงวุ้นเส้นที่ผ่านการคัดแยกเป็นแผงตามที่นำออกมาจากไม้แขวนที่ใช้แขวนวุ้นเส้นตอนที่ตากแดด ซ้อนกันเป็นชั้นๆเพื่อความสะดวกในการนำไปบรรจุ

ขั้นตอนที่ 13 ทำการชั่งน้ำหนักวุ้นเส้นตามขนาดบรรจุภัณฑ์ แล้วนำวุ้นเส้นที่ได้ไปพับม้วน และบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ พร้อมทั้งปิดปากบรรจุภัณฑ์เตรียมจัดจำหน่าย

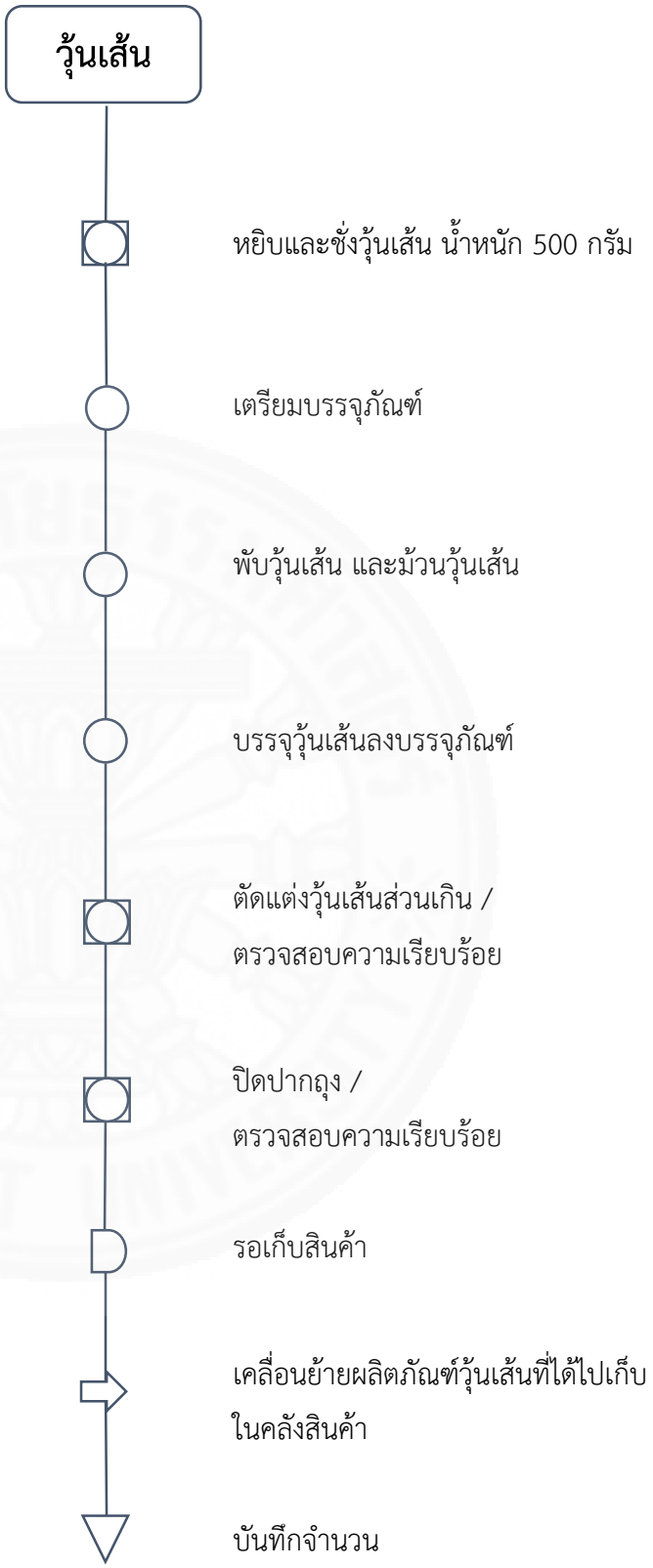
งานวิจัยเล่มนี้จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์จึงแบ่งการอธิบายขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ออกอย่างละเอียด เพื่อให้สะดวกในการทำความเข้าใจ และศึกษาขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ดังนี้

4.2 ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน

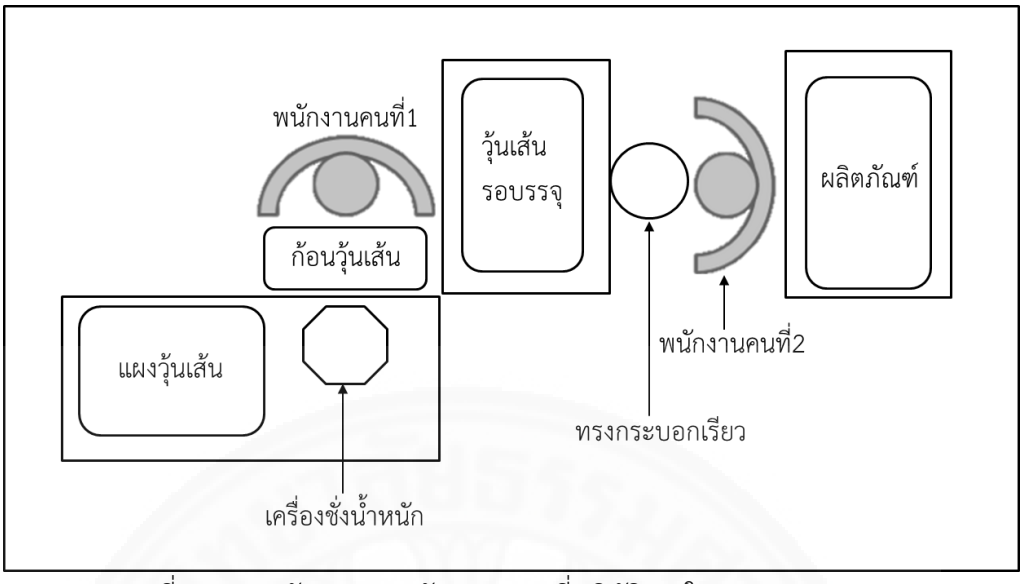
ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันเป็นขั้นตอนที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก การทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์นั้น ใช้พนักงานจำนวน 2 คน ประกอบไปด้วย

- พนักงานหยิบและชั่งวุ้นเส้น
- พนักงานพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

สามารถเขียนแผนภูมิแสดงขั้นตอนการทำงานได้ดังภาพที่ 4.1 และพนักงานทั้งสองคนทำงานต่อกันแสดงในแผนผังการจัดวางสถานที่ปฏิบัติงานปัจจุบันดังภาพที่ 4.2 โดยมีรายละเอียดการทำงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้ (สามารถดูภาพประกอบการทำงานได้ที่ ภาคผนวก ข.)



ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 4.2 แผนผังแสดงการจัดวางสถานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการบรรจุ

ขั้นตอนที่ 1 การหยิบและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม

พนักงานคนแรกทำการเลือกหยิบวุ้นเส้นที่ผ่านการคัดแยกแล้ว เพื่อชั่งน้ำหนักโดยให้มีขนาดน้ำหนักเท่ากับขนาดน้ำหนักที่ระบุไว้ที่บรรจุภัณฑ์ประมาณ 500 กรัม จากนั้นส่งวุ้นเส้นให้พนักงานคนที่สองซึ่งมีหน้าที่พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ

พนักงานคนที่สองหยิบบรรจุภัณฑ์มาสวมที่ปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียวจากนั้นงอเข่าเพื่อดันบรรจุภัณฑ์ไว้ไม่ให้หลุดจากปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียว

ขั้นตอนที่ 3 การพับวุ้นเส้น

พนักงานคนที่สองทำการพับวุ้นเส้นโดยวัดขนาดความยาวเริ่มจากส่วนที่เป็นจุดแขวนขณะนำไปตากแดด แบ่งวุ้นเส้นออกเป็นสามส่วนมีความยาว 35, 35 และ 7 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำการพับส่วนแรกที่ติดกับจุดแขวนเข้ามาทับกับส่วนที่สองก่อนพับปลายส่วนที่เหลือเป็นเศษเข้ามาในก้อนวุ้นเส้นที่พับก่อนหน้า เสร็จแล้วจะได้ก้อนวุ้นเส้นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ขั้นตอนที่ 4 การม้วนวุ้นเส้น

จากนั้นพนักงานคนเดียวกันนำก้อนวุ้นเส้นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ได้มาม้วนเป็นทรงกระบอกตามแนวยาว ให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของบรรจุภัณฑ์ และเส้นเรียงกันอย่างสวยงาม

ขั้นตอนที่ 5 การบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

เมื่อได้ก้อนวุ้นเส้นทรงกระบอกแล้ว พนักงานคนเดิมดันก้อนวุ้นเส้นทรงกระบอกนั้น ผ่านลงในทรงกระบอกเรียวเพื่อบรรจุเข้าบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนที่ 6 การตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย

เมื่อดันวุ้นเส้นที่ได้ลงบรรจุภัณฑ์เรียบร้อย พนักงานคนเดิมทำการตัดแต่งปลายวุ้นเส้นที่ยาวเลยออกมานอกบรรจุภัณฑ์ และตรวจสอบความเรียบร้อยของวุ้นเส้นที่ถูกบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์ ก่อนส่งวุ้นเส้นที่บรรจุลงบรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้วไปแผนกปิดปากถุง

ขั้นตอนที่ 7 การปิดปากถุงและตรวจสอบความเรียบร้อย

พนักงานที่แผนกปิดปากถุงทำการปิดปากถุง แล้วตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนใส่ไว้ในรถเข็นเพื่อเตรียมนำสินค้าไปเก็บ

ขั้นตอนที่ 8 การรอเก็บสินค้า

ผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นที่ได้ถูกนำไปวางรอไว้ในรถเข็นเพื่อนำไปเก็บในคลังสินค้าพร้อมกันเพื่อลดเวลาในการขนส่ง

ขั้นตอนที่ 9 การเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นที่ได้ไปเก็บในคลังสินค้า

เมื่อผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นที่ได้เต็มรถเข็นหรือบรรจุเสร็จแล้วทั้งหมด พนักงานลำเลียงไปเก็บในคลังสินค้า เพื่อรอจัดจำหน่ายต่อไป

ขั้นตอนที่ 10 การบันทึกจำนวน

พนักงานทำการบันทึกจำนวนผลิตภัณฑ์วุ้นเส้นที่ได้ในการผลิตแต่ละครั้ง

4.3 การทำงานของมือซ้ายและมือขวา และการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน

4.3.1 ขั้นตอนในการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน

จากขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบันแสดงให้เห็นถึงลักษณะการทำงานของพนักงานในแต่ละขั้นตอน ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์การทำงานเพิ่มเติมโดยใช้การวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวา เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานได้อย่างละเอียดด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และทำการศึกษาการเคลื่อนไหวในการทำงานอย่างละเอียด (ภาพแสดงการทำงาน แสดงที่ภาคผนวก ข.) เพื่อใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหา โดยมีขั้นตอนการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบันดังนี้

(1) ทำการวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาในแต่ละขั้นตอนการทำงานโดยสังเกตการทำงานของพนักงานจากภาพเคลื่อนไหวแล้วบันทึกผลที่ได้จากการวิเคราะห์ลงในตารางการทำงานของมือซ้ายและมือขวาของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น

(2) ทำการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นแต่ละการเคลื่อนไหวตามกิจกรรมการทำงานที่ได้จากข้อหนึ่ง มาใช้ประกอบกับตำแหน่งท่าทางการเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆของร่างกาย ดังที่อธิบายพร้อมภาพแสดงการทำงานในภาคผนวก ข. เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน โดยวงเล็บที่ด้านหลังของแต่ละกิจกรรม (ค.X) แสดงถึงตารางแสดงขั้นตอนและผลการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA โดยตารางการประเมินทั้งหมดแสดงไว้ที่ภาคผนวก ค. เรียงตามลำดับที่อยู่ในวงเล็บด้านหลังของแต่ละกิจกรรม (วิธีการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA สามารถอ่านข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ก.) จากนั้นนำผลที่ได้จากตารางมาสรุปเป็นแผนภูมิแสดงค่าโดยนำค่าที่ได้มาแสดงดังนี้

(2.1) แผนภูมิแสดงคะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้ในการพิจารณาปรับปรุงการทำงานของร่างกายในส่วนที่มีคะแนนอยู่ในช่วงต้องปรับปรุง โดยอธิบายหลักการพิจารณาในหัวข้อถัดไป

(2.2) แผนภูมิแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ประกอบด้วยผลการประเมินคะแนนรวมระหว่างมือซ้ายกับลำตัว และมือขวากับลำตัวในแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้ในการพิจารณาการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนนั้นๆ โดยอธิบายการพิจารณาในหัวข้อถัดไป

(3) จากแผนภูมิแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานที่ในข้อที่ 2.2 ข้างต้น ทำให้ทราบถึงระดับค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน (ค่าความเสี่ยงแบ่งเป็น 4 ระดับคือ ยอมรับได้ (1) ติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง (2) เริ่มมีปัญหาเกิดขึ้น (3) มีปัญหาด้านการยศาสตร์ (4)) โดยพิจารณาระดับความเสี่ยงตั้งแต่เริ่มมีปัญหาเกิดขึ้น และเมื่อพิจารณาแล้วว่าควรปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนต่อมานำผลที่ได้จากแผนภูมิแสดงคะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัวในข้อที่ 2.1 ข้างต้น ซึ่งแสดงการประเมินออกเป็นแต่ละส่วนของร่างกาย วิเคราะห์หาส่วนที่ควรได้รับการปรับปรุงท่าทางการทำงาน พร้อมทั้งหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขในหัวข้อถัดไป

จากขั้นตอนการประเมินในข้างต้นสามารถนำไปประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน ได้ผลดังแสดงในหัวข้อที่ 4.3.2

4.3.2 ผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน

จากขั้นตอนการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบันแสดงให้เห็นถึงวิธีการประเมินในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นจึงนำขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 6 ในกระบวนการมาทำการประเมินการทำงานของพนักงาน เพื่อใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่หนึ่งหยิบวุ้นเส้นจำนวน 2 แบบ มารวมกันที่ระดับเอว โดยวุ้นเส้นแบบแผงวางอยู่บนโต๊ะด้านขวาข้างลำตัว และวุ้นเส้นแบบก้อนวางอยู่ด้านล่างตรงพื้นด้านหน้าลำตัว
- ยกวุ้นเส้นขึ้นระดับหน้าอกเพื่อนำวุ้นเส้นชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่งด้านหน้าลำตัว โดยให้วุ้นเส้นมีน้ำหนักประมาณ 500 กรัม
- ยกวุ้นเส้นแล้วบิดตัวไปด้านซ้ายเพื่อส่งวุ้นเส้นให้พนักงานคนถัดไป

จากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้นสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังตารางที่ 4.1 และสรุปเป็นแผนภูมิแสดงคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 4.3 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 4.4

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม ภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในช่วงระดับที่ 3-4 โดยระดับที่ 3 หมายถึงเริ่มมีปัญหาด้านการยศาสตร์ และระดับที่ 4 หมายถึง มีปัญหาด้านการยศาสตร์จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันที ซึ่งเห็นได้ว่าส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับท่าทางการทำงานของมือซ้าย และในกรณีของมือขวาช่วงที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์พบว่าเกิดขึ้นเพียง 3 ขั้นตอนสุดท้ายเท่านั้น โดยสาเหตุสามารถวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวได้ตามภาพที่ 4.3 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหาในระดับที่มากส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกรณีของมือซ้ายและลำตัว เนื่องจากพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้

(1) พนักงานมีการใช้งานมือข้างซ้ายมากกว่ามือข้างขวาในการทำงาน

(2) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยพนักงานมีการเอียงและก้มตัวในขณะทำงาน เนื่องจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม

(3) การจัดตำแหน่งในการยืนปฏิบัติงานห่างจากแผงวุ้นเส้นที่นำมาชั่งน้ำหนักมากเกินระยะพื้นที่ทำงานของมือ จึงต้องโน้มตัวไปหยิบแผงวุ้นเส้นเพื่อนำมาชั่งน้ำหนัก ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(4) มีการวางกองก้อนวุ้นเส้นไว้ที่พื้นด้านหน้าลำตัว พนักงานจึงต้องก้มตัวเพื่อหยิบก้อนวุ้นเส้น เป็นผลให้พนักงานยืนห่างจากโต๊ะและตราชั่งมากขึ้น ทำให้เสียพื้นที่ทำงานของมือและมีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

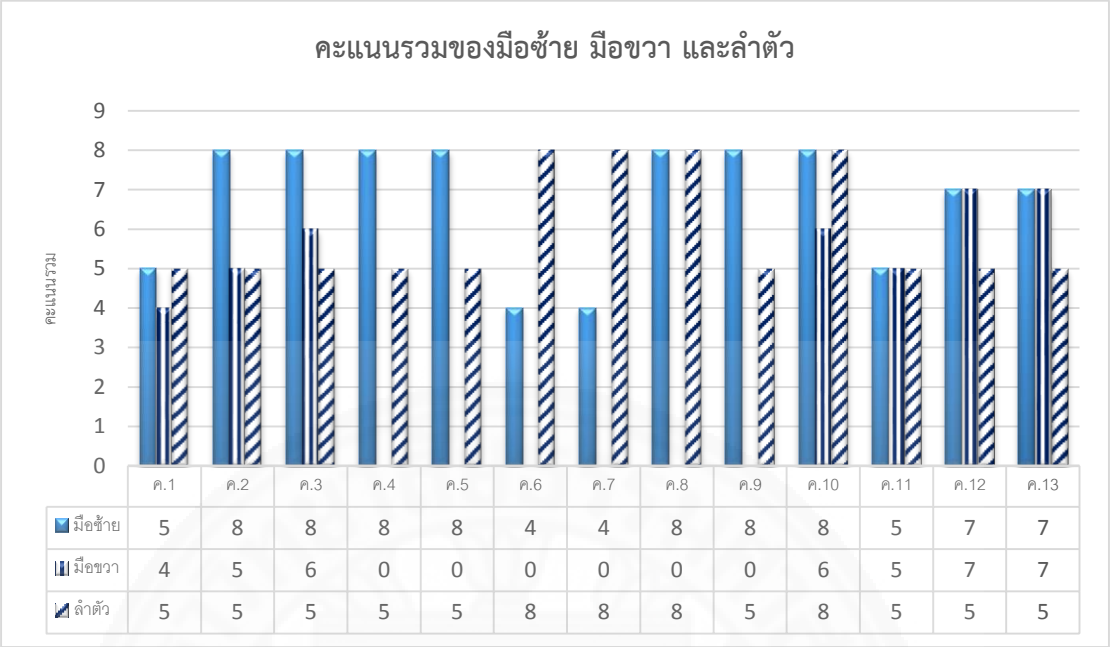
(5) ตำแหน่งของตราชั่งที่สูงขึ้นมาจากส่วนอื่น ทำให้พนักงานต้องยกแขนและไหล่เพื่อนำวุ้นเส้นมาวางบนตราชั่ง ซึ่งเป็นการเกร็งกล้ามเนื้อขณะทำงานส่งผลให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

ตารางที่ 4.1

การทำงานของมือในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม (ค.1 ถึง ค.13)

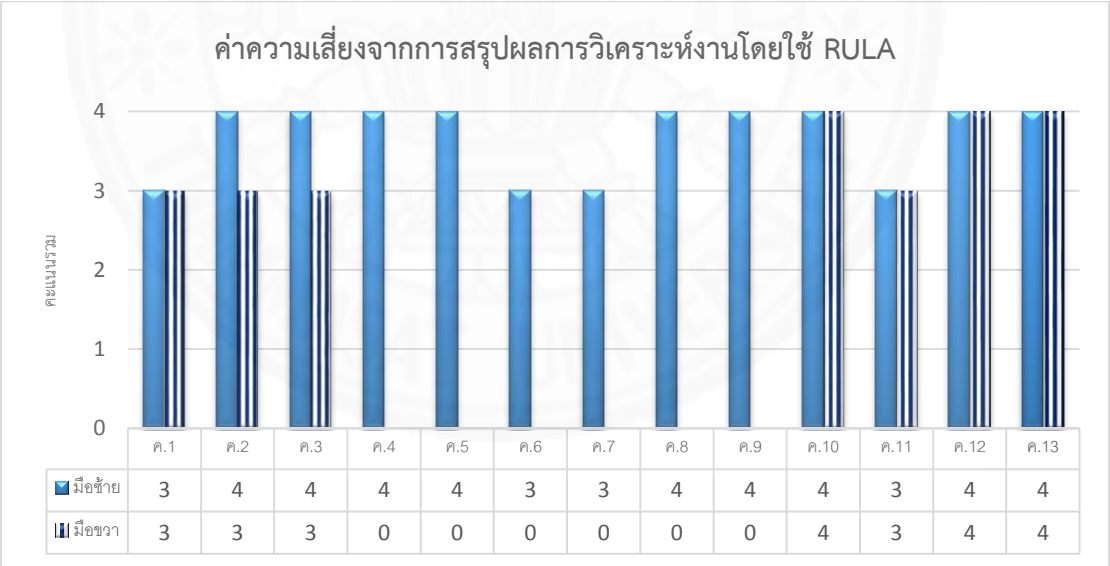
การทำงานมือซ้าย	สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว								การทำงานมือขวา
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
เคลื่อนที่ไปที่แผงวุ้นเส้น		X				X			เคลื่อนที่ไปที่แผงวุ้นเส้น (ค.1)
ดึงหยิบวุ้นเส้นที่แผงวุ้นเส้น	X				X				กดวุ้นเส้นที่กองไว้ (ค.2)
ถือแผงวุ้นเส้น			X		X				ดึงเศษวุ้นเส้นออก (ค.3)
เคลื่อนแผงวุ้นเส้นไปที่ตราชั่ง		X						X	ว่าง (ค.4)
วางแผงวุ้นเส้นบนตราชั่ง	X							X	ว่าง (ค.5)
เคลื่อนที่ไปที่ก้อนวุ้นเส้น		X						X	ว่าง (ค.6)
หยิบก้อนวุ้นเส้นที่กองวุ้นเส้น	X							X	ว่าง (ค.7)
เคลื่อนก้อนวุ้นเส้นไปที่ตราชั่ง		X						X	ว่าง (ค.8)
วางก้อนวุ้นเส้นลงบนตราชั่ง	X							X	ว่าง (ค.9)
ประคองวุ้นเส้นกันตก			X		X				หยิบออกหรือเพิ่มวุ้นเส้น (ค.10)
หยิบชุดวุ้นเส้นจากตราชั่ง	X				X				หยิบชุดวุ้นเส้นจากตราชั่ง (ค.11)
เคลื่อนที่ไปบนโต๊ะ		X				X			เคลื่อนที่ไปบนโต๊ะ (ค.12)
วางชุดวุ้นเส้น 500 กรัมบนโต๊ะ	X				X				วางชุดวุ้นเส้น 500 กรัมบนโต๊ะ (ค.13)

หมายเหตุ (ค.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก ค.



	ค.1	ค.2	ค.3	ค.4	ค.5	ค.6	ค.7	ค.8	ค.9	ค.10	ค.11	ค.12	ค.13
มือซ้าย	5	8	8	8	8	4	4	8	8	8	5	7	7
มือขวา	4	5	6	0	0	0	0	0	0	6	5	7	7
ลำตัว	5	5	5	5	5	8	8	8	5	8	5	5	5

ภาพที่ 4.3 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม



	ค.1	ค.2	ค.3	ค.4	ค.5	ค.6	ค.7	ค.8	ค.9	ค.10	ค.11	ค.12	ค.13
มือซ้าย	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3	4	4
มือขวา	3	3	3	0	0	0	0	0	0	4	3	4	4

ภาพที่ 4.4 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม

ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่สองหยิบบรรจุภัณฑ์ข้างลำตัวก่อนก้มตัวสวมบรรจุภัณฑ์ที่ปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียว

- งอเข่าดันบรรจุภัณฑ์ไว้ไม่ให้หลุดจากปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียว

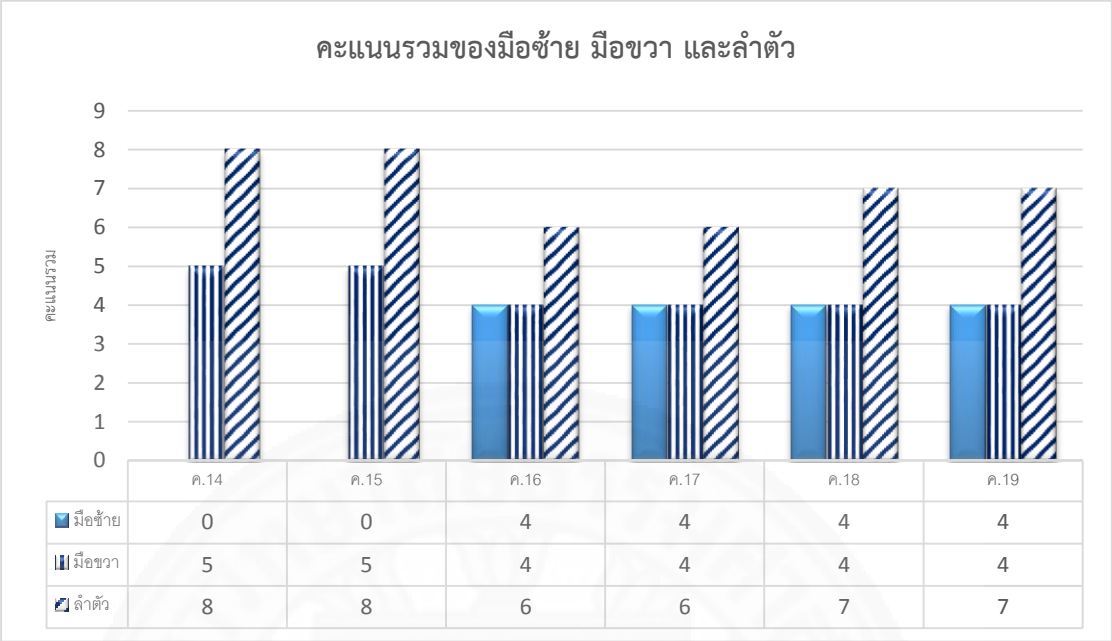
จากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังตารางที่ 4.2 และสรุปเป็นแผนภูมิแสดงคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 4.5 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.2

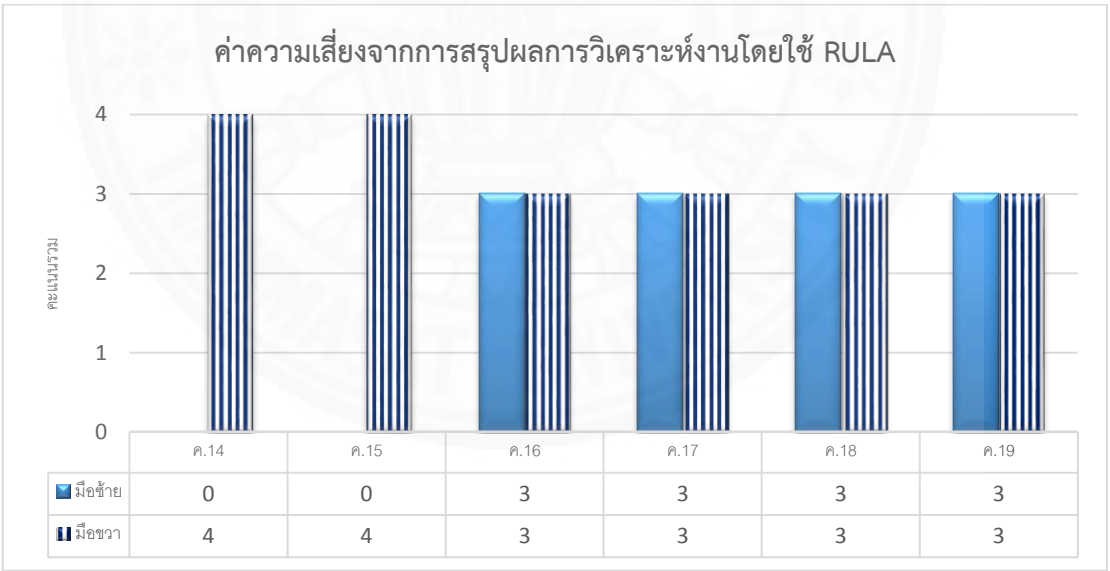
การทำงานของมือในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ (ค.14 ถึง ค.19)

การทำงานมือซ้าย	**สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว**								**การทำงานมือขวา**
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
ว่าง				X		X			เคลื่อนที่ไปหยิบบรรจุภัณฑ์ (ค.14)
ว่าง				X	X				หยิบบรรจุภัณฑ์ (ค.15)
เคลื่อนที่ไปจับบรรจุภัณฑ์		X				X			เคลื่อนที่ไปทรงกระบอกเรียว (ค.16)
จับปากบรรจุภัณฑ์กางออก	X				X				จับปากบรรจุภัณฑ์กางออก (ค.17)
สวมบรรจุภัณฑ์เข้าทรงกระบอกเรียว	X				X				สวมบรรจุภัณฑ์เข้าทรงกระบอกเรียว (ค.18)
ปล่อยมือจากบรรจุภัณฑ์	X				X				ปล่อยมือจากบรรจุภัณฑ์ (ค.19)

หมายเหตุ (ค.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก ค.



ภาพที่ 4.5 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ



ภาพที่ 4.6 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ ภาพที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในช่วงระดับที่ 3-4 ค่อนข้างมาก โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับท่าทางการทำงานของมือขวา และมีค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานในช่วงที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์ (ระดับที่ 4) จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันทีใน 2 ขั้นตอนแรก โดยสาเหตุสามารถวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวได้ตามภาพที่ 4.5 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหาในระดับที่มากส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกรณีของมือขวาและลำตัว เนื่องจากพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้

(1) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยพนักงานมีการงอเข่าดันบรรจุภัณฑ์ และก้มตัวในขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(2) ตำแหน่งของทรงกระบอกเรียวอยู่ต่ำ ทำให้ต้องก้ม และเอียงตัวทำงาน เนื่องมาจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม

(3) ตำแหน่งที่วางบรรจุภัณฑ์อยู่ห่างจากทรงกระบอกเรียว เนื่องมาจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 3 การพับวุ้นเส้น มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่สองใช้มือขวาเอื้อมไปหยิบวุ้นเส้น
- พับวุ้นเส้นโดยใช้มือขวาจับพับส่วนแรกที่ติดกับจุดแขวนเข้ามาทับกับส่วนที่สอง โดยทั้งสองส่วนมีความยาวส่วนละประมาณ 35 เซนติเมตร ก่อนพับปลายที่เหลือเป็นเศษมีความยาวประมาณ 7 เซนติเมตร เข้ามาในก้อนวุ้นเส้นที่พับก่อนหน้า เสร็จแล้วจะได้ก้อนวุ้นเส้นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการพับวุ้นเส้นสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 4.3 และสรุปเป็นแผนภูมิแสดงคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 4.7 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 4.8

ตารางที่ 4.3

การทำงานของมือในขั้นตอนการพับวุ้นเส้น (ค.20 ถึง ค.25)

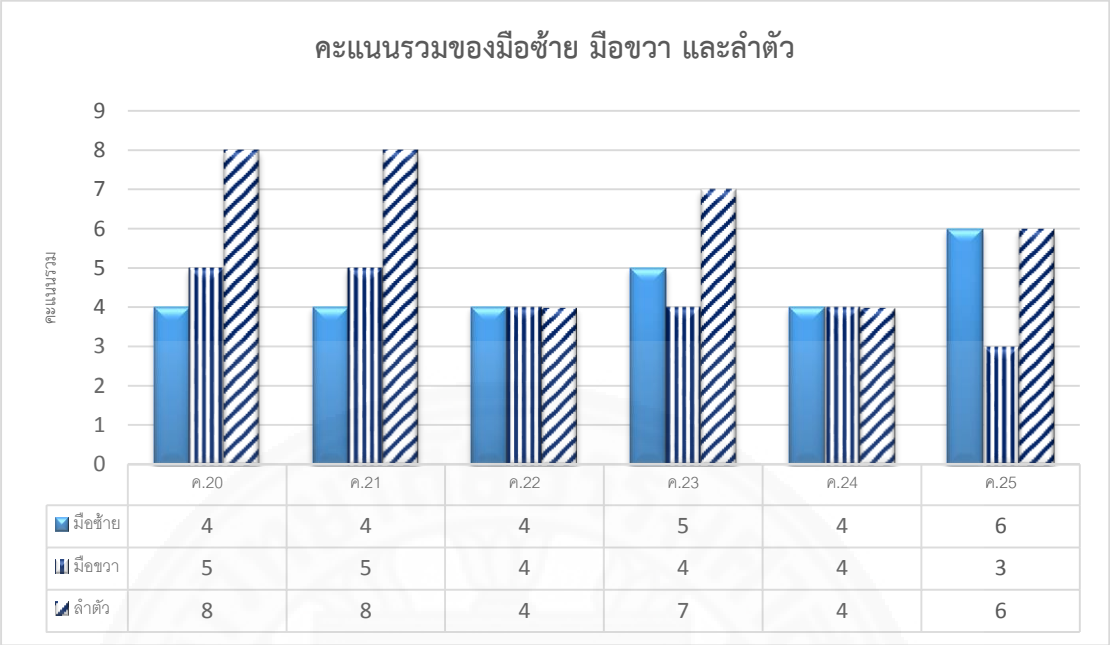
การทำงานมือซ้าย	สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว								การทำงานมือขวา
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
กดพื้นโต๊ะเพื่อประคองร่างกาย	X					X			เอื้อมมือไปชุดวุ้นเส้น 500 กรัม (ค.20)
กดพื้นโต๊ะเพื่อประคองร่างกาย	X				X				หยิบชุดวุ้นเส้น 500 กรัม (ค.21)
จับแผงวุ้นเส้น			X		X				ขยับจัดก้อนวุ้นเส้น (ค.22)
กดก้อนวุ้นเส้นและแผงวุ้นเส้น	X				X				พับแผงวุ้นเส้น (ค.23)
กดก้อนวุ้นเส้นและแผงวุ้นเส้น	X				X				กดก้อนวุ้นเส้นและแผงวุ้นเส้น(ค.24)
พับปลายแผงวุ้นเส้น	X				X				กดก้อนวุ้นเส้นและแผงวุ้นเส้น(ค.25)

หมายเหตุ (ค.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก ค.

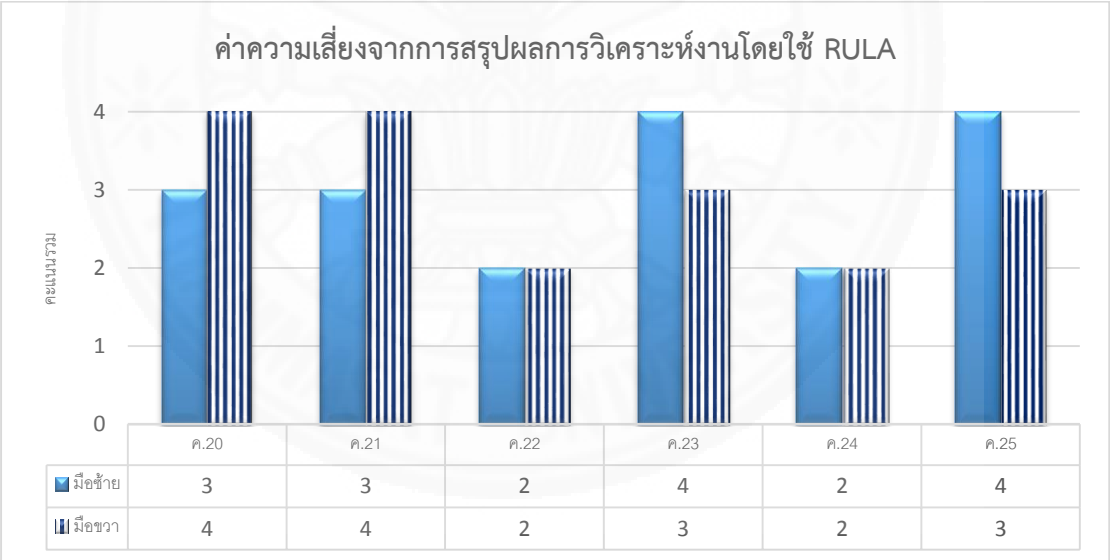
ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการพับวุ้นเส้น ภาพที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในช่วงระดับที่ 2-4 โดยระดับที่ 2 หมายถึงระดับที่ต้องติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเห็นได้ว่าเกิดขึ้นกับท่าทางการทำงานของมือซ้ายและมือขวาในขั้นตอนที่ 3 และ 5 ส่วนระดับที่เริ่มมีปัญหาด้านการยศาสตร์ และระดับที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันทีนั้น เกิดขึ้นในขั้นตอนที่เหลือของการพับวุ้นเส้น โดยสาเหตุสามารถวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวได้ตามภาพที่ 4.7 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหามากส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกรณีของลำตัว เนื่องจากพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้

(1) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยพนักงานมีการงอเข่าดันบรรจุภัณฑ์ เอียงตัว และก้มตัวในขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(2) การจัดตำแหน่งในการยืนปฏิบัติงานห่างจากโต๊ะมากเกินไป เกิดจากตำแหน่งของทรงกระบอกเรียวตั้งอยู่ด้านหน้าระหว่างลำตัวและโต๊ะทำให้พนักงานต้องยืนห่างโต๊ะ



ภาพที่ 4.7 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการพับวุ้นเส้น



ภาพที่ 4.8 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการพับวุ้นเส้น

ขั้นตอนที่ 4 การม้วนวุ้นเส้น มีลำดับการทำงานดังนี้

พนักงานคนที่สองนำก้อนวุ้นเส้นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ได้มาม้วนเป็นทรงกระบอกตามแนวยาว ม้วนให้แน่นจนมีขนาดเล็กกว่าขนาดของบรรจุภัณฑ์ และเส้นเรียงกันอย่างสวยงาม โดยสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 4.4 และสรุปเป็นแผนภูมิแสดงคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 4.9 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 4.10

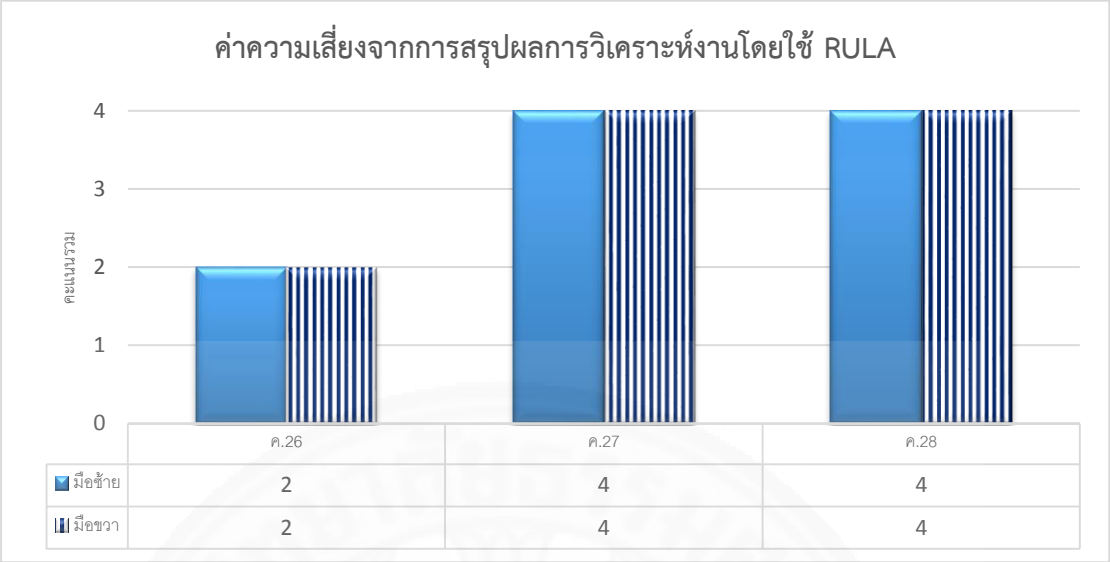
ตารางที่ 4.4

การทำงานของมือในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น (ค.26 ถึง ค.28)

การทำงานมือซ้าย	**สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว**								**การทำงานมือขวา**
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
จับชุดวุ้นเส้นก่อนม้วน			X				X		จับชุดวุ้นเส้นก่อนม้วน (ค.26)
ม้วนชุดวุ้นเส้น	X				X				ม้วนชุดวุ้นเส้น (ค.27)
จับชุดวุ้นเส้นหลังม้วน			X				X		จับชุดวุ้นเส้นหลังม้วน (ค.28)

หมายเหตุ (ค.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก ค.

ภาพที่ 4.9 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น



ภาพที่ 4.10 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการม้วนวุ้นเส้น ภาพที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในช่วงระดับที่ 2-4 โดยค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานของมือซ้ายและมือขวาในช่วงที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์ (ระดับที่ 4) จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันทีในสองขั้นตอนสุดท้าย โดยสาเหตุสามารถวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวได้ตามภาพที่ 4.9 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหาในระดับที่มากส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกรณีของมือซ้ายและมือขวา เนื่องจากพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้

(1) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยพนักงานมีการงอเข่าดันบรรจุภัณฑ์ ก้มตัว และยกไหล่ในขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(2) การจัดตำแหน่งในการยืนปฏิบัติงานห่างจากโต๊ะมากเกินไป เกิดจากตำแหน่งของทรงกระบอกเรียวตั้งอยู่ด้านหน้าระหว่างลำตัวและโต๊ะทำให้พนักงานต้องยืนห่างโต๊ะ

(3) พนักงานมีการเกร็งและบิดข้อมือขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

ขั้นตอนที่ 5 การบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ มีลำดับการทำงานดังนี้

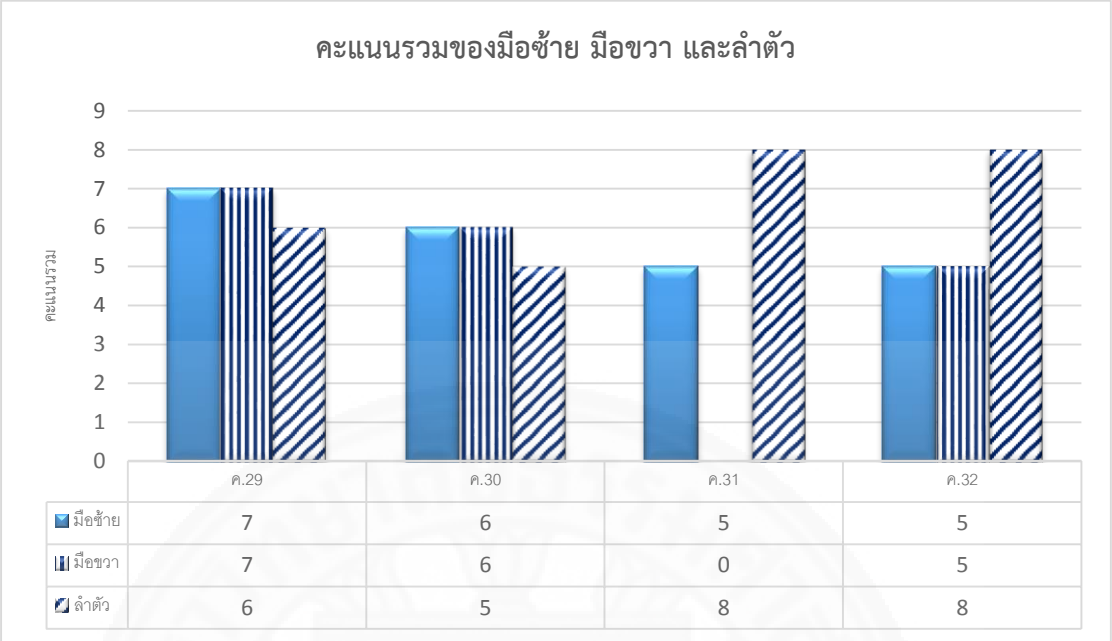
เมื่อได้ก้อนวุ้นเส้นทรงกระบอกแล้ว พนักงานคนที่สองกดก้อนวุ้นเส้นทรงกระบอกผ่านลงในทรงกระบอกเรียวเพื่อบรรจุเข้าบรรจุภัณฑ์ ด้วยการก้มตัวลงเพื่อดันให้วุ้นเส้นหลุดจากทรงกระบอกเรียวเข้าไปในบรรจุภัณฑ์ โดยสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 4.5 และสรุปเป็นแผนภูมิแสดงคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 4.11 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 4.12

ตารางที่ 4.5

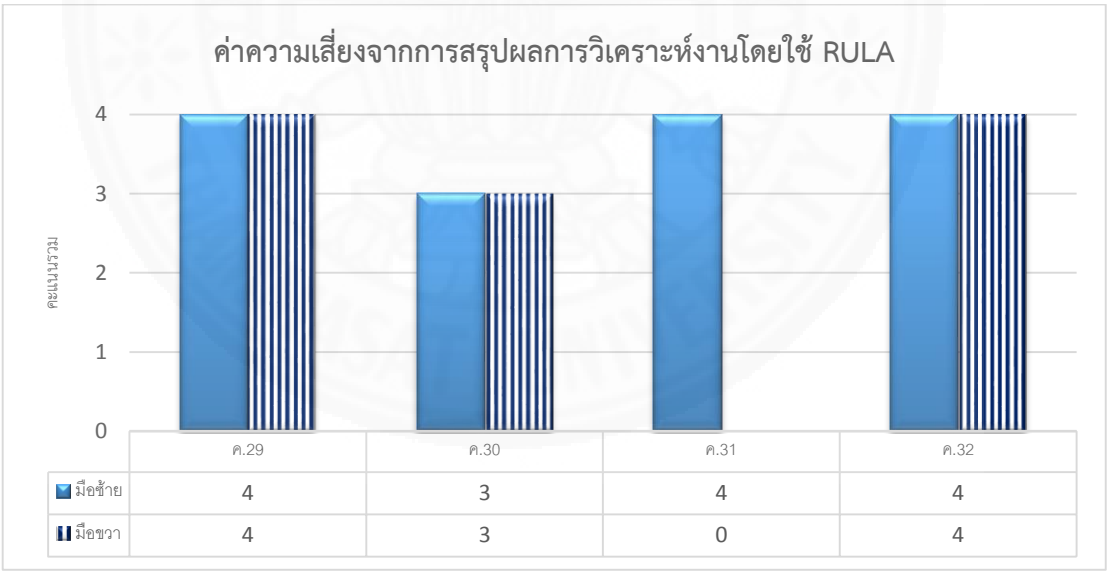
การทำงานของมือในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (ค.29 ถึง ค.32)

การทำงานมือซ้าย	**สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว**								**การทำงานมือขวา**
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
เคลื่อนที่ไปทรงกระบอกเรียว		X				X			เคลื่อนที่ไปทรงกระบอกเรียว (ค.29)
ใส่ชุดวุ้นเส้นลงทรงกระบอกเรียว	X				X				ใส่ชุดวุ้นเส้นลงทรงกระบอกเรียว (ค.30)
เคลื่อนที่ไปที่บรรจุภัณฑ์		X						X	ว่าง (ค.31)
จับบรรจุภัณฑ์			X		X				กดชุดวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (ค.32)

หมายเหตุ (ค.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก ค.



ภาพที่ 4.11 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 4.12 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ภาพที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในช่วงระดับที่ 3-4 ค่อนข้างมาก โดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับท่าทางการทำงานของมือซ้าย และมีค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานในช่วงที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์ (ระดับที่ 4) จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันทีในขั้นตอนที่ 1, 3 และ 4 โดยสาเหตุสามารถวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวได้ตามภาพที่ 4.11 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหาในระดับที่มากส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกรณีของทั้งมือซ้าย มือขวา และลำตัว เนื่องจากพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้ ดังนี้

1) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยพนักงานมีการไขว้กันระหว่างมือสองข้าง เอียงตัว และก้มตัวในขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(2) ตำแหน่งของทรงกระบอกเรียวอยู่ต่ำ ทำให้ต้องก้มและเอียงตัวในขณะทำงาน เนื่องมาจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม

(3) พนักงานมีการเกร็งและบิดข้อมือขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 การตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่สองหยิบวุ้นเส้นพร้อมบรรจุภัณฑ์ขึ้นมาทำการตัดแต่งปลายวุ้นเส้นที่ยาวเลยออกมานอกบรรจุภัณฑ์
- ตรวจสอบความเรียบร้อยของวุ้นเส้นที่ถูกบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์
- ส่งวุ้นเส้นที่บรรจุลงบรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้วไปแผนกปิดปากถุง ด้วยการหมุนตัวกลับไปแล้ววางที่จุดวางผลิตภัณฑ์

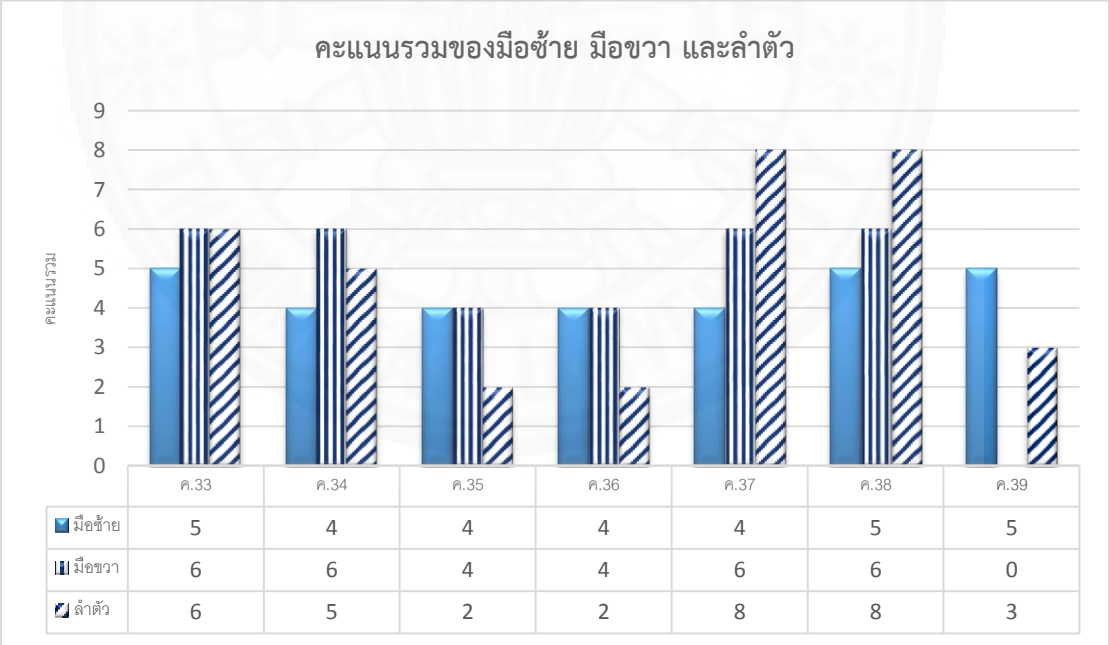
จากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อยสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 4.6 และสรุปเป็นแผนภูมิแสดงคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 4.13 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 4.14

ตารางที่ 4.6

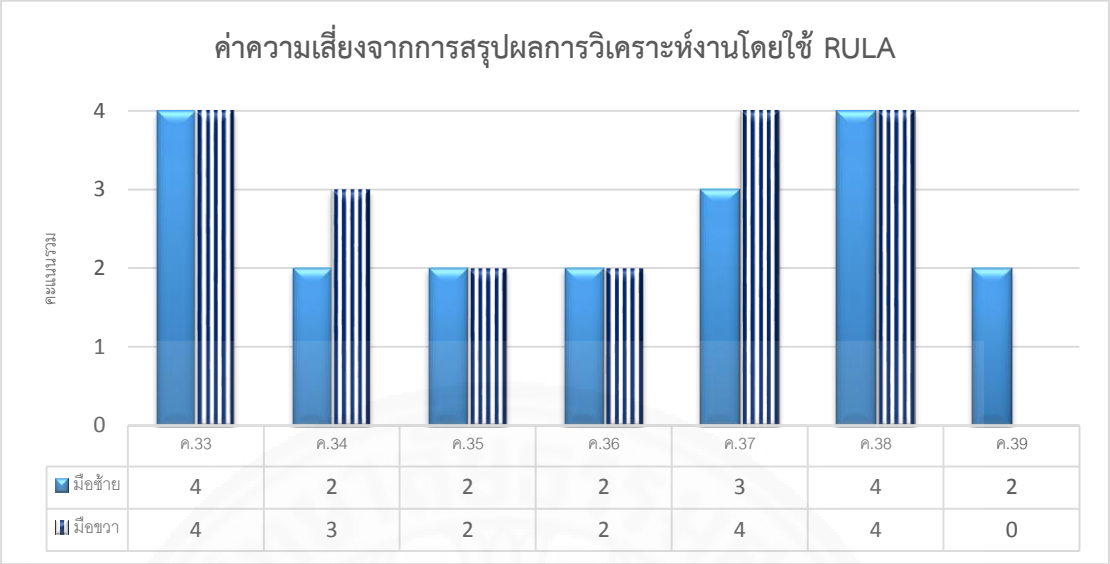
การทำงานของมือในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย (ค.33 ถึง ค.39)

การทำงานมือซ้าย	สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว								การทำงานมือขวา
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
หยิบบรรจุภัณฑ์	X					X			เคลื่อนที่ไปที่วางกรรไกร (ค.33)
ยกบรรจุภัณฑ์	X				X				หยิบกรรไกร (ค.34)
ถือบรรจุภัณฑ์			X			X			เคลื่อนที่กรรไกรไปหาบรรจุภัณฑ์ (ค.35)
ถือบรรจุภัณฑ์			X		X				ตัดเศษวุ้นเส้น (ค.36)
ถือผลิตภัณฑ์			X			X			เคลื่อนที่กรรไกรไปที่วาง (ค.37)
เคลื่อนที่ผลิตภัณฑ์ไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์		X			X				วางกรรไกร (ค.38)
วางผลิตภัณฑ์	X							X	ว่าง (ค.39)

หมายเหตุ (ค.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก ค.



ภาพที่ 4.13 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย



ภาพที่ 4.14 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย ภาพที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานอยู่ในช่วงระดับที่ 2-4 ค่อนข้างมาก โดยค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานในช่วงที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์ (ระดับที่ 4) จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันที เกิดขึ้นกับท่าทางการทำงานของทั้งมือซ้ายและมือขวา โดยสาเหตุสามารถวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวได้ตามภาพที่ 4.13 เห็นได้ว่าขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหาในระดับที่มากส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกรณีของทั้งมือซ้าย มือขวาและลำตัว เนื่องจากพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมในการปฏิบัติงาน และสามารถสรุปสาเหตุได้ดังนี้

(1) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยพนักงานมีการเอียงตัวในขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(2) ตำแหน่งวางผลิตภัณฑ์อยู่ด้านหลังพนักงาน ทำให้ต้องเอื้อมแขนไปด้านหลังเพื่อวางผลิตภัณฑ์ขณะทำงาน เนื่องมาจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม

(3) ตำแหน่งที่วางกรรไกรอยู่ห่างจากทรงกระบอกเรียว เนื่องมาจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม

จากผลการประเมินในข้างต้นสามารถสรุปผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน ได้ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.3.3

4.3.3 สรุปผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน

ผลการประเมินการทำงานทั้ง 6 ขั้นตอนของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบัน สามารถนำข้อมูลมาสรุปได้ในตารางที่ 4.7 โดยแสดงภาพขั้นตอนการทำงานของพนักงานในปัจจุบัน พร้อมทั้งผลการประเมินคะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว และค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี RULA เพื่อแสดงปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนั้นๆ อย่างไรก็ตามจากปัญหาที่พบดังกล่าวผู้วิจัยได้สอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงานเพิ่มเติมพบว่า พนักงานที่ทำหน้าที่พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ มีการบาดเจ็บที่นิ้ว มือ และข้อมือ เช่น การเกิดพังผืด นิ้วล็อค การอักเสบของกล้ามเนื้อ และการปวดหลัง เนื่องมาจากความแข็งของวุ้นเส้นที่ต้องใช้แรงมากในการทำงานในขั้นตอนดังกล่าว เมื่อนำข้อมูลจากการสอบถามพนักงานผู้ปฏิบัติงานมาวิเคราะห์ร่วมกับผลการวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาที่ได้พิจารณาร่วมกับตำแหน่งท่าทางการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายที่อธิบายพร้อมภาพแสดงการทำงาน มาใช้วิเคราะห์ร่วมกับผลการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA เห็นได้ว่าพนักงานคนที่หนึ่งมีขั้นตอนในการทำงานน้อยกว่าพนักงานคนที่สอง และพนักงานทั้งสองคนมีท่าทางการเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่เหมาะสมในการทำงาน ประกอบไปด้วย

(1) พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ขณะทำงาน โดยพนักงานมีการเอียงตัว งอเข่า และก้มตัวในขณะทำงาน ทำให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

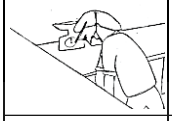
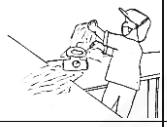
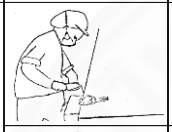
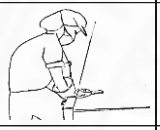
(2) พนักงานมีการยกแขนและไหล่ เกร็งและบิดข้อมือขณะทำงาน ซึ่งเป็นการเกร็งกล้ามเนื้อขณะทำงานส่งผลให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน

(3) พนักงานมีการออกแรงนิ้วในการบีบจับวุ้นเส้นขณะทำการพับ ม้วน และกดในการบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ เกร็งและบิดข้อมือขณะทำงาน ส่งผลให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บที่นิ้ว มือ และข้อมือ เรื้อรังจากการทำงาน ถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไขให้ลดการใช้แรงในการทำงานของพนักงานลง

(4) มีการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสมตามระยะพื้นที่ทำงานที่พนักงานสามารถทำงานได้ ส่งผลให้พนักงานต้องเอื้อมแขนไปเพื่อหยิบจับวัสดุอุปกรณ์นั้นๆ ในการปฏิบัติงานแต่ละครั้ง

ตารางที่ 4.7

สรุปผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นในปัจจุบันทั้ง 6 ขั้นตอน

ขั้นตอน	ภาพ	ค่าการประเมินการทำงาน			ค่าความเสี่ยง RULA		ปัญหา
		มือซ้าย	มือขวา	ลำตัว	มือซ้าย	มือขวา	
1.การหยิบและชั่งวุ้นเส้นน้ำหนัก 500 กรัม		8	7	8	4	4	พนักงานคนที่หนึ่งก้มตัวเพื่อหยิบวุ้นเส้น
		7	6	5	4	3	พนักงานคนที่หนึ่งยกไหล่ เอียงตัวและบิดเพื่อส่งวุ้นเส้นให้พนักงานคนที่สอง
2. การเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ		4	4	7	3	3	พนักงานคนที่สองก้มตัวและเอียงตัวขณะสวมบรรจุภัณฑ์
		4	5	8	3	4	พนักงานคนที่สองก้มตัวและงอเข่าเพื่อยึดบรรจุภัณฑ์กับทรงกระบอกเรียว
3. การพับวุ้นเส้น		5	5	8	4	4	พนักงานคนที่สองเอื้อมแขนและงอเข่าขณะหยิบวุ้นเส้นต่อจากพนักงานคนที่หนึ่ง
		4	4	7	3	3	พนักงานคนที่สองเกร็งและบิดข้อมือ ก้มตัว เอียงตัวและงอเข่าขณะพับวุ้นเส้น
4. การม้วนวุ้นเส้น		4	4	4	2	2	พนักงานคนที่สองออกแรงนิ้วในการบีบวุ้นเส้น เกร็งและบิดข้อมือ ยกไหล่และงอเข่าขณะม้วนวุ้นเส้น
		7	7	6	4	4	พนักงานคนที่สองออกแรงนิ้วในการบีบวุ้นเส้น เกร็งและบิดข้อมือ ยกไหล่และงอเข่าเพื่อนำม้วนวุ้นเส้นเคลื่อนไปหาทรงกระบอกเรียว
5. การบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์		7	7	8	4	4	พนักงานคนที่สองเกร็งและบิดข้อมือ ก้มตัว เอียงตัวและงอเข่าขณะนำม้วนวุ้นเส้นใส่ในทรงกระบอกเรียว
		6	6	6	4	4	พนักงานคนที่สองก้มตัว และเอียงตัวขณะกดม้วนวุ้นเส้นผ่านทรงกระบอกเรียวลงในบรรจุภัณฑ์
6. การตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย		5	6	8	4	4	พนักงานคนที่สองก้มตัวและยกแขนเพื่อเอื้อมหยิบกรรไกร
		4	4	6	3	3	ไม่พบปัญหา

จากปัญหาที่พบดังกล่าว ผู้วิจัยพบว่าควรมีการปรับปรุงการทำงานของพนักงานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน ด้วยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อให้ท่าทางการทำงานของพนักงานทั้งสองคนเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ โดยสามารถลดการเอียงตัว ก้มตัว และเอื้อมมือลงได้ อย่างไรก็ตามในการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ สามารถลดปัญหาทางการยศาสตร์ของพนักงานได้แค่ส่วนหนึ่ง เนื่องจากพนักงานยังต้องมีการเกร็งและบิดข้อมือเพื่อพับและม้วนแผงวุ้นเส้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอให้ออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน ในขั้นตอนที่เป็นปัญหาด้านการใช้แรงควบคู่กับการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อให้พนักงานมีท่าทางการทำงานเหมาะสม และลดค่าความเสี่ยงจากการวิเคราะห์โดย RULA ลงได้ ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.4

4.4 การปรับปรุงการทำงาน

การออกแบบการทำงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ มีข้อจำกัดในการออกแบบปรับปรุงการทำงานตามที่ได้ตกลงกับโรงงานผู้ผลิตวุ้นเส้นประกอบด้วย

(1) ต้องมีการทำงานตามขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ในปัจจุบัน ตามขั้นตอนการทำงานหัวข้อที่ 4.2 เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการทำงานอื่นในโรงงาน ตามขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้นในหัวข้อที่ 4.1 ดังนั้นจึงมีการออกแบบให้สามารถทำงานได้เหมือนเดิม ซึ่งใช้คนในการบรรจุเพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการปรับเปลี่ยนการทำงาน

(2) ต้องคงไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของการบรรจุวุ้นเส้นแบบที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้ผู้บริโภคไม่รู้สึกถึงความแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีการบรรจุ

ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้น ต้องอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของโรงงานผู้ผลิตวุ้นเส้น และเหมาะสมตามการออกแบบการทำงานตามหลักการยศาสตร์ในหัวข้อที่ 2.3 เพื่อให้พนักงานมีท่าทางการทำงานเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ที่ส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน

จากปัญหาที่พบในหัวข้อที่ 4.3.3 และข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้พบว่าควรมีการปรับปรุงการทำงานด้วยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุ อุปกรณ์ และออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน สำหรับขั้นตอนที่เป็นปัญหาด้านการใช้แรง พร้อมทั้งปรับท่าทางการทำงานให้เหมาะสม ภายใต้ข้อจำกัดในการปรับปรุงการทำงานของทางโรงงาน นำหลักการยศาสตร์มาช่วยในการออกแบบ โดยใช้กำหนดค่าความสูงของโต๊ะทำงาน พร้อมทั้งกำหนดความกว้างของโต๊ะให้อยู่ในระยะพื้นที่ทำงานสูงสุด โดยไม่เกิดการเอื้อมตามหัวข้อที่ 2.3.6 การออกแบบพื้นที่ทำงานสำหรับงานยืน เพื่อลดโอกาสเกิดปัญหาการบาดเจ็บจากการทำงาน และนำระบบลมมาช่วยลดการออกแรงในการทำงาน โดยใช้เครื่องควบคุมเชิงตรรกะที่สามารถโปรแกรมได้ (PLC) แสดงในภาคผนวก ง.7 สั่งวาล์วควบคุมทิศทาง (Solenoid Valve) ในการเปิด-ปิด ลมให้กระบอกลมจำนวน 3 กระบอก เพื่อช่วยลดการออกแรงของพนักงานในขั้นตอนการ พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ได้เป็นโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานด้วยระบบลม

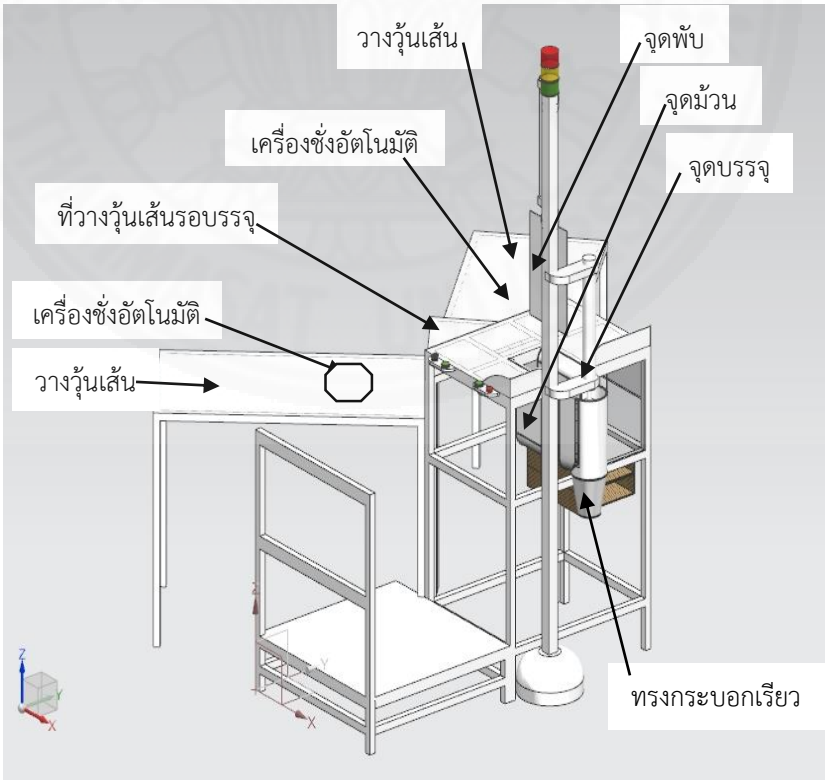
ในการออกแบบโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน งานวิจัยนี้ได้กำหนดขนาดของโต๊ะทำงาน (แสดงในภาคผนวก ง.1-6) ให้เหมาะสมตามความสูงของพนักงานผู้ปฏิบัติงาน โดยใช้ความสูงมาตรฐานของหญิงไทยคือ 157 เซนติเมตร (ข้อมูลสำรวจของกรมอนามัย ประเทศไทย พ.ศ.2558) ในการออกแบบตามข้อมูลขนาดสัดส่วนร่างกายในหัวข้อที่ 2.3.1.3 อย่างไรก็ตามช่วงความสูงของพนักงานหญิงที่สามารถทำงานร่วมกับโต๊ะทำงานและอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานได้คือ 149 – 165 เซนติเมตร (อ้างอิงความสูงขณะยืนตามข้อมูลสัดส่วนร่างกายของผู้หญิงชาวเอเชียที่มีอายุประมาณ 40 ปี (NASA-STD-3000)) โดยภาพแสดงตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน ภาพแสดงขนาดโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน และภาพจำลองพนักงานขณะปฏิบัติงานแสดงในภาพที่ 4.15, 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ ซึ่งประกอบด้วย โต๊ะสำหรับวางแผงวุ้นเส้น ก้อนวุ้นเส้น และเครื่องชั่งอัตโนมัติ โต๊ะวางชุดวุ้นเส้นรอบรรจุ รางใส่วุ้นเส้น รางพับวุ้นเส้น รางม้วนวุ้นเส้น ทรงกระบอกเรียวสำหรับบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และกระบอกลมทำหน้าที่เป็นแกนในการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่ช่วยลดการบาดเจ็บจากการทำงาน และช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานเหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ดังนี้

(1) โต๊ะสำหรับวางแผงและก้อนวุ้นเส้นรอการบรรจุ ช่วยลดการก้มตัวเพื่อหยิบก้อนวุ้นเส้น และช่วยลดการบิดตัวในการทำงานซึ่งเกิดจากการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทั้งสองกรณีเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการชั่งน้ำหนักในหัวข้อที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 1 ของพนักงานคนที่หนึ่ง

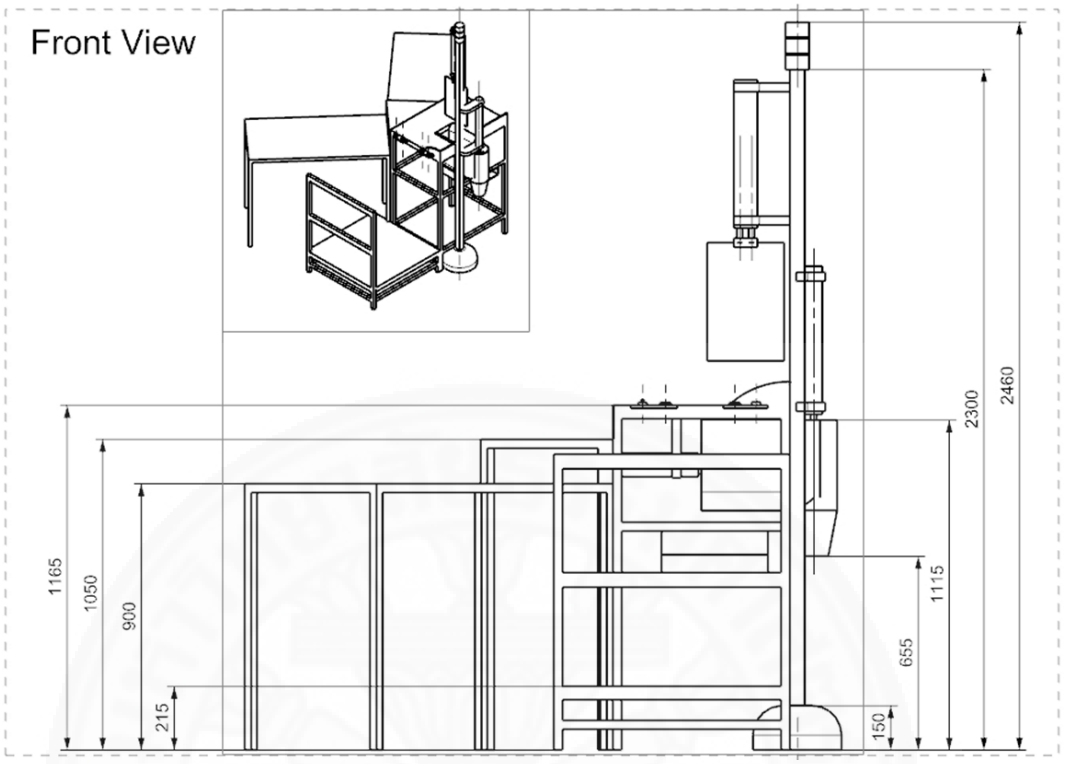
(2) อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานประกอบด้วย รางใส่วุ้นเส้น รางพับวุ้นเส้น รางม้วนวุ้นเส้น ทรงกระบอกเรียวสำหรับบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ และกระบอกลมที่ทำหน้าที่เป็นแกนพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ช่วยลดการบาดเจ็บจากการบิดข้อมือ การเจ็บที่นิ้วมือ การยกไหล่ การเอื้อมแขน การก้มตัว งอเข่า และลดการบาดเจ็บเรื้อรัง เช่น การเกิดพังผืด นิ้วล็อค การอักเสบของกล้ามเนื้อ และการปวดหลัง จากปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นในหัวข้อที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 3 ถึง 5 ของพนักงานคนที่สอง

(3) ทำการออกแบบพื้นที่ทำงานของพนักงานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่วางบรรจุภัณฑ์ และท่าทางการทำงานของพนักงานคนที่สอง จากยืนก้มตัวสวมบรรจุภัณฑ์เข้าปากทรงกระบอกเรียวเป็นท่าทางนั่งทำงานแทน เพื่อลดปัญหาการก้มตัวและการงอเข่าขณะทำงาน จากปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นในหัวข้อที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 2 ถึง 5 ของพนักงานคนที่สอง

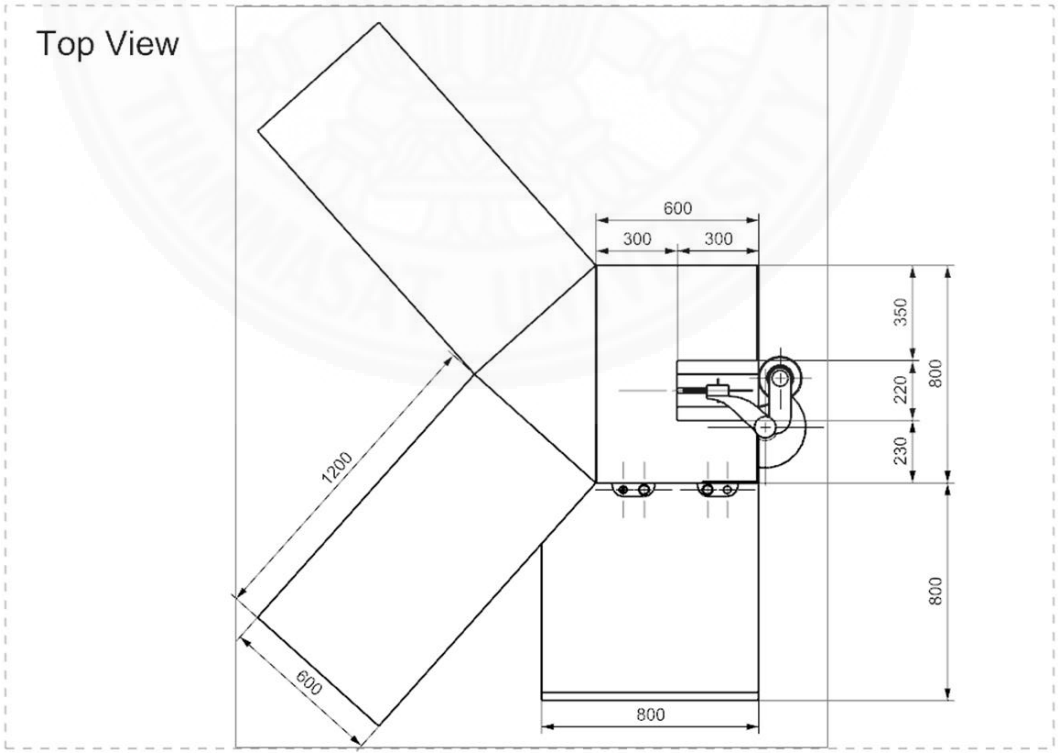
จากการปรับปรุงการทำงานด้วยการช่วยปรับตำแหน่ง และท่าทางการทำงานของพนักงาน พร้อมทั้งออกแบบโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน จำเป็นต้องใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ดังนั้นวิธีการเลือกวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ แสดงในหัวข้อที่ 4.5 ถัดไป



ภาพที่ 4.15 ตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน

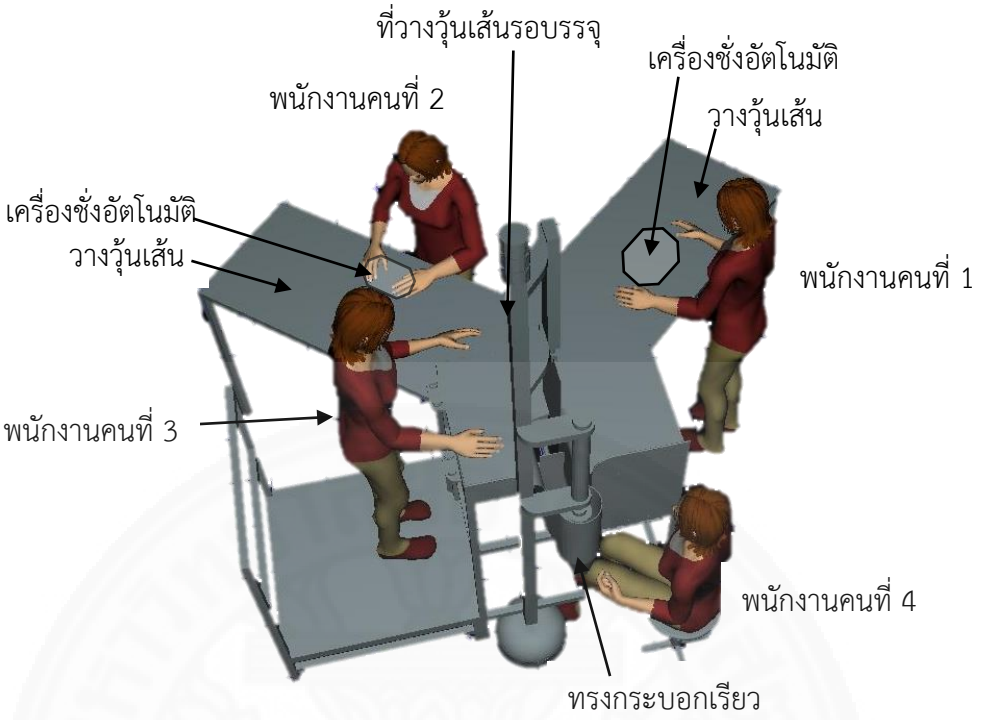


ก) มุมมองด้านหน้า

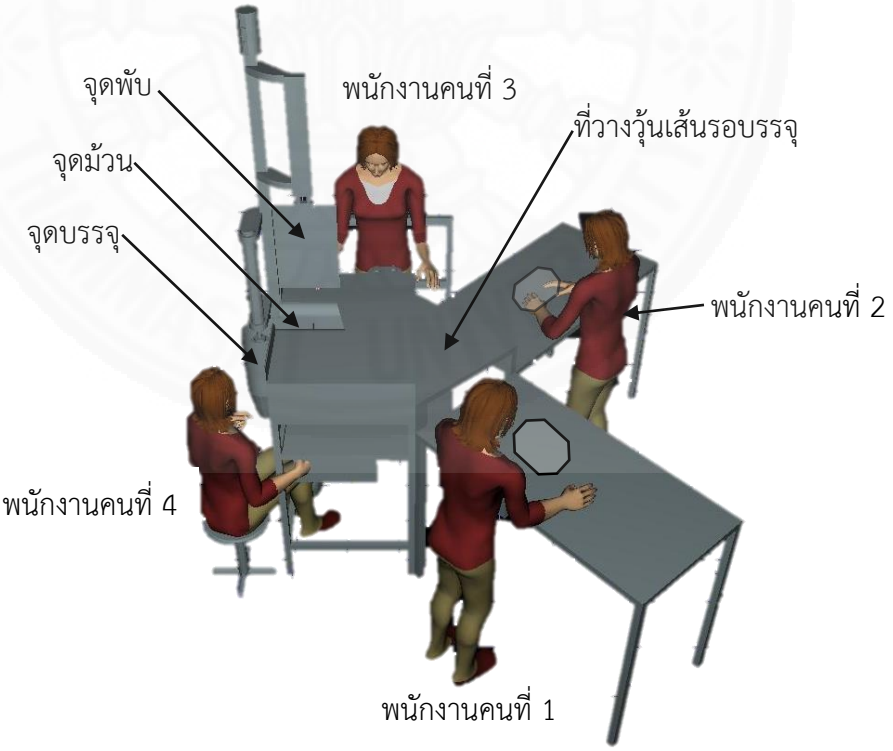


ข) มุมมองด้านบน

ภาพที่ 4.16 ขนาดโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน



ก) ภาพสามมิติด้านหน้า



ข) ภาพสามมิติด้านข้าง

ภาพที่ 4.17 จำลองพนักงานขณะปฏิบัติงานกับโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน

4.5 การเลือกวัสดุอุปกรณ์

การสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเพื่อช่วยลดปัญหาทางการยศาสตร์ตามที่ได้ออกแบบนั้น จำเป็นที่ต้องใช้ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบเข้าด้วยกัน โดยวิธีการเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของการใช้งาน เช่น การเลือกเหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร และการคำนวณแรงที่ต้องกระทำต่อแผงวุ้นเส้น เป็นวิธีการเลือกลักษณะเฉพาะของกระบอกลมที่เป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน เป็นต้น

4.5.1 การเลือกชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิมเป็นวัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างหลักของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน โดยอุปกรณ์ชิ้นนี้ถูกใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหาร ที่ต้องสัมผัสโดยตรงกับวุ้นเส้นก่อนได้รับการบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นการเลือกชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยเหล็กกล้าไร้สนิมแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มพื้นฐาน ได้แก่ ออสเทนนิติค เฟอริติค ดูเพล็กซ์ มาร์เทนซิติค และกลุ่มเพิ่มความแข็งโดยวิธีการตกผลึก

ในอุตสาหกรรมอาหารนิยมใช้เหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติคหรือเหล็กกล้าไร้สนิมตระกูล 300 เนื่องจากมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนดี ใช้งานประกอบและขึ้นรูปที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดและสุขอนามัยได้ดี สะดวกในงานสร้าง ประกอบ หรือขึ้นรูปทั่วไป มีความแข็งแรงสูงสุดและมีความยืดตัวสูง แม่เหล็กดูดไม่ติด และสามารถใช้งานในที่เย็นจัดและร้อนจัดที่อุณหภูมิประมาณ 600 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่านี้ได้ โดยเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติคสามารถแบ่งออกเป็น 5 เกรดด้วยกัน ตามการกำหนดชื่อเรียกมาตรฐานของสถาบันเหล็กของสหรัฐอเมริกา American Iron and Steel Institute (AISI) คือ

(1) เกรด 301 ใช้เกี่ยวกับงานสปริง คอนแทค และสายพานลำเลียง

(2) เกรด 304 เป็นเกรดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายที่สุด บางครั้งเรียก 18/8 นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม อุปกรณ์ในกระบวนการทางเคมี อุปกรณ์เครื่องครัว เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องล้างจาน อ่างล้างจาน ภาชนะหุงต้ม เครื่องมือในโรงพยาบาล และเวชภัณฑ์

(3) เกรด 309 ใช้เกี่ยวกับงานทนความร้อนไม่เกิน 900 องศาเซลเซียส

(4) เกรด 310 ใช้เกี่ยวกับงานที่ทนความร้อนสูงไม่เกิด 1,150 องศาเซลเซียส เช่น งานเตาอบ เตาหลอม และฉนวนกั้นความร้อน

(5) เกรด 316 เป็นเกรดที่ใช้อย่างแพร่หลายรองลงมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เนื่องจากมีราคาสูง บางครั้งเรียก "เกรดใต้น้ำ" เพราะทนการกัดกร่อนแบบคลอไรด์ได้ดี จึงทำให้ป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี ใช้ในกระบวนการทางเคมี ปั๊ม แทงค์ อุตสาหกรรมกระดาษ กระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม ใช้สำหรับเครื่องมือผ่าตัด อุตสาหกรรมยา และการก่อสร้าง

ดังนั้นเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติค เกรด 316 จึงถูกเลือกใช้เป็นโครงสร้างหลักของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานชิ้นนี้ เนื่องจากสามารถใช้กับงานทนกรด ทนเคมี หรือเป็นกรดที่ปฏิกิริยากับกรดน้อย ทำให้ป้องกันการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดี จึงปลอดภัยต่อการใช้ในงานอุตสาหกรรมอาหารเพื่อการบรรจุวุ้นเส้น ซึ่งเป็นกระบวนการที่เหล็กกล้าไร้สนิมต้องสัมผัสกับวุ้นเส้นโดยตรง การกำหนดความหนาของเหล็กกล้าไร้สนิม สามารถเปรียบเทียบได้จากชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับขีดจำกัดการดัดโค้งดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8

การหาความหนาของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม (e คือ ความหนาของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม)

ชนิดเหล็กกล้าไร้สนิม			ขีดจำกัดการดัดโค้ง (รัศมี : Radius)					
			90 ^{0}		120 ^{0}		180 ^{0}	
EN	AISI	UNS	e < 3 mm.	e > 3 mm.	e < 3 mm.	e > 3 mm.	e < 3 mm.	e > 3 mm.
1.4310	301	S30100	1 x e	1.5 x e	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e
1.4301	304	S30400	1 x e	1.5 x e	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e
1.4303	305	S30500	1 x e	1.5 x e	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e
1.4401	316	S31600	1 x e	1.5 x e	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e
1.4512	409	S40900	1.5 x e	2 x e	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e
1.4016	430	S43000	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e	2.5 x e	3 x e
1.4510	430Ti	S43036	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e	2.5 x e	3 x e
1.4521	444	S44400	1.5 x e	2 x e	2 x e	2.5 x e	2.5 x e	3 x e

ที่มา : http://www.siamstainless.com/?p=1869, เทคนิคการดัดโค้งสแตนเลสแผ่น (Bending of Stainless steels Sheet or Strip): 1 พฤศจิกายน 2556

จากตารางที่ 4.8 เมื่อเปรียบเทียบชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมคือ AISI 316 กับขีดจำกัดการดัดโค้ง โดยในงานวิจัยนี้ใช้รัศมีดัดโค้งโดยประมาณคือ น้อยกว่า 90 องศา และมีรัศมีที่ต้องการคือ 15 มิลลิเมตร ดังนั้นความหนาของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมจึงควรอยู่ที่ 1 x e (โดย e คือความหนาของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม) ได้ค่าน้อยกว่า 3 มิลลิเมตร

4.5.2 การเลือกขนาดกระบอกลม

ปัจจัยที่ใช้ในการเลือกกระบอกลมคือ ภาระแรงของกระบอกลม อย่างไรก็ตามในการสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเพื่อช่วยลดปัญหาทางการยศาสตร์ จำเป็นต้องใช้กระบอกลมจำนวน 3 กระบอก ใน 3 ขั้นตอนหลักคือ การใช้กระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น การใช้กระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น และการใช้กระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยภาระแรงของกระบอกลมหาได้จากสมการของแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด (F_s) แสดงดังสมการที่ 4.1

$$F_s = \mu_s N \tag{4.1}$$

เมื่อ μ_s คือ ค่าคงที่ของสัมประสิทธ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม ดังนั้นก่อนการคำนวณหาภาระแรงของกระบอกลมทั้ง 3 ขั้นตอนหลัก จำเป็นต้องหาค่าคงที่สัมประสิทธ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิมก่อน โดยหาจากค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิมที่แบ่งการทดลองออกเป็น 5 กรณี ประกอบด้วยวุ้นเส้นน้ำหนัก 500 กรัม วุ้นเส้นที่มีการถ่วงน้ำหนักด้วยลูกตุ้มกดทับ 500, 1000, 1500 และ 2000 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

สำหรับวิธีวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม เริ่มจากนำแผงวุ้นเส้นขนาด 500 กรัม วางบนพื้นผิวเหล็กกล้าไร้สนิม จากนั้นผูกเชือกสำหรับใช้ลากไว้ที่แผงวุ้นเส้น นำอุปกรณ์วัดแรงแบบดึงมาดึงลากวุ้นเส้นเพื่อวัดค่าแรงที่ใช้สูงสุดขณะวุ้นเส้นเริ่มเคลื่อนที่ ทำการทดลองเป็นจำนวน 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยแรงที่ได้จากการทดลอง ทำการทดลองซ้ำด้วยวิธีข้างต้น โดยเพิ่มแรงกดตามขนาดที่กำหนดใน 5 กรณี จากนั้นนำค่าเฉลี่ยแรงที่ได้จากทั้ง 5 กรณีมาหาค่าเฉลี่ยค่าคงที่สัมประสิทธ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม (μ_s)

เมื่อ F_s คือ แรงดึงมีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง การหาค่าแรงดึงในแต่ละกรณี จะหาจากค่าเฉลี่ยของแรงดึงโดยทำการทดลองจำนวน 10 ครั้ง ในแต่ละกรณีดังแสดงในตารางที่ 4.9

เมื่อ N คือ แรงรวมของแรงกดจากน้ำหนักแผงวุ้นเส้น และจากลูกตุ้มในกรณีต่างๆ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9

ข้อมูลแรงดึงและแรงกดในแต่ละกรณี (หน่วย: กิโลกรัมแรง)

กรณี	การทดลองครั้งที่ / แรงที่ใช้ดึง (F_S)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ค่าเฉลี่ย	แรงกด (N)
1	วุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม	F_{s1}	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17	0.16	0.18	0.17	0.17	0.18	0.17	0.50
2	วุ้นเส้น + ลูกตุ้มน้ำหนัก 500 กรัม	F_{s2}	0.34	0.34	0.35	0.33	0.35	0.33	0.34	0.34	0.35	0.35	0.34	1.00
3	วุ้นเส้น + ลูกตุ้มน้ำหนัก 1000 กรัม	F_{s3}	0.49	0.48	0.48	0.47	0.49	0.47	0.49	0.48	0.47	0.48	0.48	1.50
4	วุ้นเส้น + ลูกตุ้มน้ำหนัก 1500 กรัม	F_{s4}	0.62	0.63	0.64	0.63	0.65	0.64	0.63	0.64	0.63	0.63	0.63	2.00
5	วุ้นเส้น + ลูกตุ้มน้ำหนัก 2000 กรัม	F_{s5}	0.84	0.86	0.84	0.84	0.84	0.85	0.84	0.85	0.86	0.84	0.85	2.50

ดังนั้นจากสมการที่ 4.1 ได้เป็น

$$\mu_s = \frac{F_s}{N}$$

$$\bar{\mu}_s = \frac{1}{5}\left(\frac{\bar{F}_{s1}}{N_1} + \frac{\bar{F}_{s2}}{N_2} + \frac{\bar{F}_{s3}}{N_3} + \frac{\bar{F}_{s4}}{N_4} + \frac{\bar{F}_{s5}}{N_5}\right)$$

$$\bar{\mu}_s = \frac{1}{5}\left(\frac{0.17}{0.50} + \frac{0.34}{1.00} + \frac{0.48}{1.50} + \frac{0.63}{2.00} + \frac{0.85}{2.50}\right)$$

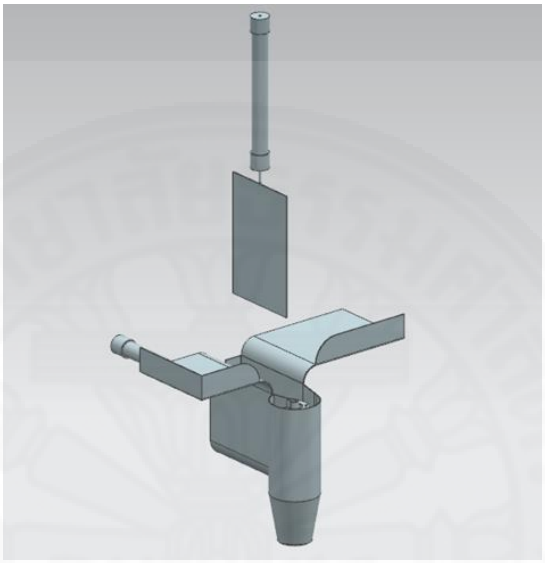
$$\bar{\mu}_s = 0.33$$

ดังนั้นค่าคงที่สัมประสิทธ์ความเสียดทานเฉลี่ยระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม (μ_s) คือ 0.33

สำหรับการคำนวณหาภาระแรงของกระบอกลมใน 3 ขั้นตอนหลักนั้น สามารถแสดงวิธีการคำนวณโดยแบ่งเป็นทีละขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการใช้กระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดยกระบอกลมทำการเคลื่อนลงในแนวดิ่ง กดลงตรงกลางของแผงวุ้นเส้น เพื่อให้แผงวุ้นเส้นอยู่ในลักษณะพับครึ่งดังภาพที่ 4.18



ภาพที่ 4.18 กระบอกลมสำหรับพับแผงวุ้นเส้น

โดยกำหนดให้

F_1 คือ ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง

N_1 คือ แรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะพับแผงวุ้นเส้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง โดยวิธีวัดแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม หาจากการจัดรูปทรงของแผงวุ้นเส้นให้มีรูปทรงเหมือนกับที่แผงวุ้นเส้นอยู่ในอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน ในตำแหน่งที่มีการกดหรือบีบอัดสูงสุดของแต่ละขั้นตอน จากนั้นใช้เครื่องชั่งวัดค่าแรงดีดตัวของวุ้นเส้นที่ดันออก โดยแรงดีดตัวที่วุ้นเส้นดันออกกระทำต่อเครื่องชั่งได้เป็นค่าแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม N_1 อย่างไรก็ตามเพื่อความแม่นยำของค่าที่ได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองซ้ำจำนวน 10 ครั้ง จากนั้นนำค่าแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมของการทดลองทั้ง 10 ครั้ง มาเฉลี่ยดังแสดงในตารางที่ 4.10

μ_s คือ ค่าคงที่สัมประสิทธ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเท่ากับ 0.33

ตารางที่ 4.10

ข้อมูลแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะพับแผงวุ้นเส้น (หน่วย: กิโลกรัมแรง)

แรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะพับแผงวุ้นเส้น (N_1)										
การทดลองครั้งที่										**ค่าเฉลี่ย**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	
2.01	2.01	1.71	1.96	1.74	1.91	1.71	1.86	1.92	1.71	1.85

จากตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม (N_1) ด้วยการทดลองจำนวน 10 ครั้ง คือ 1.85 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น จากสมการที่ 4.1 ภาระแรงของกระบอกลมสามารถหาได้จากสมการแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด (F_s) และเนื่องจากขั้นตอนการใช้กระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้นนี้ ขณะกระบอกลมทำการเคลื่อนลงในแนวดิ่ง แผนวุ้นเส้นจะเกิดแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุดกับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งสองด้านของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน ดังนั้น ในการคำนวณภาระแรงของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น (F_1) จึงต้องคำนวณเป็นสองเท่าของสมการแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด ได้เป็น

$$F_1 = 2\mu_s N_1$$

= 2 x 0.33 x 1.85

= 1.22 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น (F_1) มีค่า 1.22 กิโลกรัมแรง

ในการเลือกขนาดของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้นนั้น จำเป็นต้องคิดเผื่อค่าความปลอดภัย (F_{fail}) ตามหัวข้อที่ 2.4.2 โดยค่าความปลอดภัยของกระบอกลม $(F.S.)$ คือ 1.5 ตามกำหนดมาตรฐานของกระบอกลม (ISO15552 และ VDMA24562) และแรงที่อนุญาตให้ใช้งานได้ (F_{allow}) คือ ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น ซึ่งมีค่า 1.22 กิโลกรัมแรง ดังนั้นจากสมการที่ 2.3 การคิดค่าเผื่อความปลอดภัยของแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหาย คือ

$$F_{fail} = F.S.(F_{allow})$$

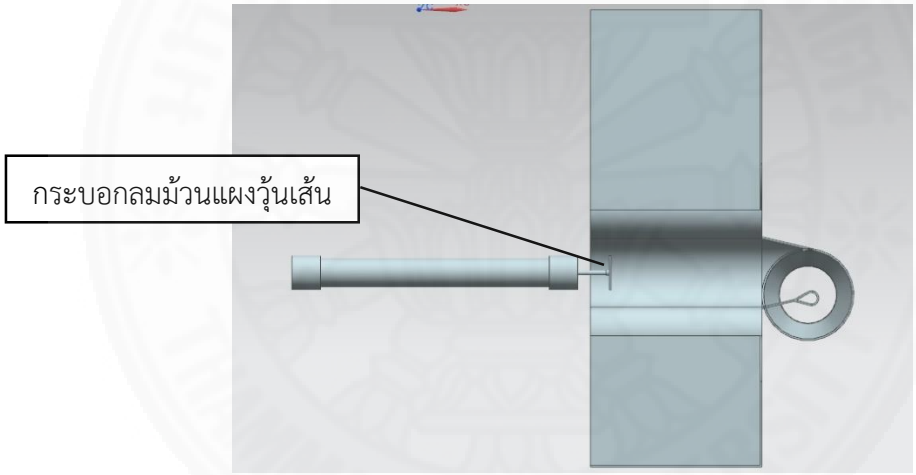
= 1.5 x 1.22

= 1.83 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น โดยเผื่อค่าความปลอดภัยมีค่า 1.83 กิโลกรัมแรง จากนั้นนำมาเลือกขนาดของกระบอกลมได้จากตารางเปรียบเทียบภาระแรงของกระบอกลมกับแรงดันสุทธิจากกระบอกสูบลมดังแสดงในหัวข้อที่ 2.4.5 โดยผลจากตารางเปรียบเทียบ ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น (F_1) โดยเผื่อค่าความปลอดภัย ควรใช้กระบอกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ที่แรงดันลม 7 บาร์ เนื่องจากสามารถรองรับภาระแรงได้

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการใช้กระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น

ขั้นตอนนี้ต่อเนื่องจากขั้นตอนการพับแผงวุ้นเส้น โดยกระบอกลมทำการเคลื่อนที่ในแนวราบ ดันแผงวุ้นเส้นที่อยู่ในลักษณะพับครึ่งให้เคลื่อนที่เข้าไปในกระบอกม้วนวุ้นเส้น เพื่อให้แผงวุ้นเส้นอยู่ในลักษณะม้วนตัวดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 กระบอกลมสำหรับม้วนแผงวุ้นเส้น (ภาพมองบน)

โดยกำหนดให้

F_2 คือ ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง

N_2 คือ แรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมในแต่ละด้าน ขณะดันแผงวุ้นเส้นเข้าไปในกระบอกม้วนวุ้นเส้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง โดยหาจากค่าเฉลี่ยของแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยการทดลองจำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.11

μ_s คือ ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเท่ากับ 0.33

ตารางที่ 4.11

ข้อมูลแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะม้วนแผงวุ้นเส้น (หน่วย: กิโลกรัมแรง)

แรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะม้วนแผงวุ้นเส้น (N_2)										
การทดลองครั้งที่										**ค่าเฉลี่ย**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.81	4.51	4.84	4.71	4.66	4.75	4.61	4.81	4.71	4.66	4.71

จากตารางที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยของแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม (N_2) ด้วยการทดลองจำนวน 10 ครั้ง คือ 4.71 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น จากสมการที่ 4.1 ภาระแรงของกระบอกลมสามารถหาได้จากสมการแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด (F_s) และเนื่องจากขั้นตอนการใช้กระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้นนี้ ขณะกระบอกลมทำการเคลื่อนที่ในแนวราบ แผนวุ้นเส้นจะเกิดแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุดกับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งสองด้านของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน ดังนั้น ในการคำนวณภาระแรงของกระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น (F_2) จึงต้องคำนวณเป็นสองเท่าของสมการแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด ได้เป็น

$$F_2 = 2\mu_s N_2$$

= 2 x 0.33 x 4.71

= 3.11 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น (F_2) มีค่า 3.11 กิโลกรัมแรง

เมื่อคิดค่าเผื่อความปลอดภัย (F_{fail}) ของกระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น จากสมการที่ 2.3 การคิดค่าเผื่อความปลอดภัยของแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหาย คือ

$$F_{fail} = F.S.(F_{allow})$$

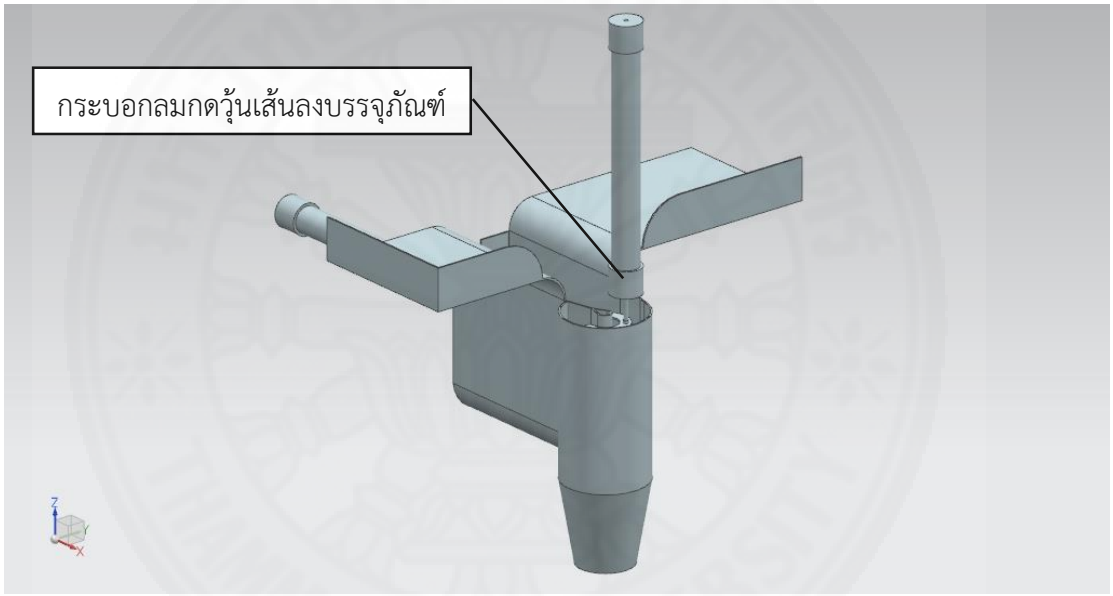
= 1.5 x 3.11

= 4.67 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น แรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหายคือ 4.67 กิโลกรัมแรง โดยผลจากตารางเปรียบเทียบภาระแรงของกระบอกลมกับแรงดันสุทธิจากกระบอกสูบลม ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น (F_2) โดยเผื่อค่าความปลอดภัย ควรใช้กระบอกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ที่แรงดันลม 7 บาร์ เนื่องจากสามารถรองรับภาระแรงได้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการใช้กระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ต่อเนื่องมาจากขั้นตอนการม้วนแผงวุ้นเส้น โดยกระบอกลมทำการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ดันม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 4.20



ภาพที่ 4.20 กระบอกลมสำหรับกดวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

โดยกำหนดให้

F_3 คือ ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง

N_3 คือ แรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมทั้ง 2 ข้างขณะม้วนตัวในกระบอกม้วนวุ้นเส้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรง โดยหาจากค่าเฉลี่ยของแรงที่ม้วนวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม ด้วยการทดลองจำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 4.12

μ_s คือ ค่าคงที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวุ้นเส้นกับเหล็กกล้าไร้สนิม ซึ่งเท่ากับ 0.33

ตารางที่ 4.12

ข้อมูลแรงที่ม้วนวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (หน่วย: กิโลกรัมแรง)

แรงที่ม้วนวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่ละด้านขณะกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (N_3)										
การทดลองครั้งที่										ค่าเฉลี่ย
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
18.81	18.61	18.91	19.11	18.76	18.64	18.81	18.88	18.71	18.71	18.80

จากตารางที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยของแรงที่แผงวุ้นเส้นกระทำต่อเหล็กกล้าไร้สนิม (N_3) ด้วยการทดลองจำนวน 10 ครั้ง คือ 18.80 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น จากสมการที่ 4.1 ภาระแรงของกระบอกลมสามารถหาได้จากสมการแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุด (F_s) และเนื่องจากขั้นตอนการใช้กระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์นี้ ขณะกระบอกลมทำการเคลื่อนที่ลงในแนวดิ่ง ม้วนวุ้นเส้นจะเกิดแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุดกับแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมทั้งสองด้านของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน ดังนั้น ในการคำนวณภาระแรงของกระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (F_3) จึงต้องคำนวณเป็นสองเท่าของสมการแรงเสียดทานสถิตย์สูงสุดได้เป็น

$$F_3 = 2\mu_s N_3$$

= 2 x 0.33 x 18.80

= 12.40 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (F_3) มีค่า 3.83 กิโลกรัมแรง

เมื่อคิดค่าเผื่อความปลอดภัย (F_{fail}) ของกระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ จากสมการที่ 2.3 การคิดค่าเผื่อความปลอดภัยของแรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหายคือ

$$F_{fail} = F.S.(F_{allow})$$

= 1.5 x 12.40

= 18.61 กิโลกรัมแรง

ดังนั้น แรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหายคือ 18.61 กิโลกรัมแรง โดยผลจากตารางเปรียบเทียบภาระแรงของกระบอกลมกับแรงดันสุทธิจากกระบอกสูบลม ภาระแรงของกระบอกลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ (F_3) โดยเผื่อค่าความปลอดภัย ควรใช้กระบอกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ที่แรงดันลม 7 บาร์ เนื่องจากสามารถรองรับภาระแรงได้

จากการคำนวณข้างต้น สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์การเลือกขนาดของกระบอกสูบลม เพื่อสร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานได้ดังที่กล่าวมานั้น สามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13

สรุปขนาดกระบอกสูบลม

แรง	**แรงสูงสุดที่ทำให้เกิดความเสียหาย**	**ขนาดกระบอกสูบลม (เส้นผ่านศูนย์กลาง)**	**แรงดันลม (บาร์)**
F1	1.83	12 มิลลิเมตร	7
F2	4.67	12 มิลลิเมตร	7
F3	18.61	25 มิลลิเมตร	7

จากตารางที่ 4.13 ขนาดของกระบอกสูบลมทั้ง 3 กระบอก จาก 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การใช้กระบอกสูบลมเพื่อพับแผงวุ้นเส้น การใช้กระบอกสูบลมเพื่อม้วนแผงวุ้นเส้น และการใช้กระบอกสูบลมเพื่อกดม้วนวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12, 12 และ 25 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยทั้ง 3 กระบอกใช้แรงดันลม 7 บาร์ ซึ่งได้มาจากการคำนวณภาระแรงของกระบอกสูบลมโดยเผื่อค่าความปลอดภัย และความหนาของแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมกลุ่มออสเทนนิติคเกรด 304 ที่ใช้คือ 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งได้มาจากการเปิดตารางเทียบชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมกับขีดจำกัดการดัดโค้ง โดยราคาประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้นสำหรับอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเป็นเงิน 152,000 บาท (แสดงรายละเอียดการประเมินในภาคผนวกตารางที่ ง.1) ภาพต้นแบบโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน และภาพแสดงการจำลองการทำงานของพนักงานร่วมกับโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานแสดงในภาพที่ 4.21 และภาพที่ 4.22 ตามลำดับ ขั้นตอนต่อไปเป็นการอธิบายการทำงานของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานแสดงดังหัวข้อที่ 4.6

4.6 ขั้นตอนการทำงานภายหลังการปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น

จากขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเพื่อช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ และการคำนวณแรงเพื่อใช้ในการเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ในหัวข้อนี้เป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการทำงานภายหลังการปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น ด้วยการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น โดยหลังจากทดลองปฏิบัติจริงและจับเวลาการทำงานของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ พบว่าใช้เวลา 3 วินาที ต่อหนึ่งหน่วยการผลิต อย่างไรก็ตามขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้นซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนหน้า พนักงานต้องใช้เวลา 8 วินาที ต่อหนึ่งหน่วยการผลิต ดังนั้นเพื่อให้ขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ด้วยอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงไม่เกิดเวลาว่างงาน จึงปรับเปลี่ยนสายการผลิตด้วยการเพิ่มจำนวนพนักงานจาก 2 คน เป็น 4 คน ซึ่งมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- พนักงานจำนวน 2 คน ทำหน้าที่ หยิบ และ ชั่งวุ้นเส้น
- พนักงานจำนวน 1 คน ทำหน้าที่ นำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน
- พนักงานจำนวน 1 คน ทำหน้าที่ นำบรรจุภัณฑ์สวมปลายอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน และตัดเศษวุ้นเส้น

ทั้งนี้อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมีหน้าที่ พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ดังที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 4.4 โดยพนักงานทั้งสี่คนและอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมีแผนผังแสดงพื้นที่ปฏิบัติงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นหลังปรับปรุงการทำงาน และมีตำแหน่งการทำงานของพนักงานดังภาพที่ 4.23

ก) แสดงตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน

ข) ภาพด้านบน

ค) ภาพด้านข้าง

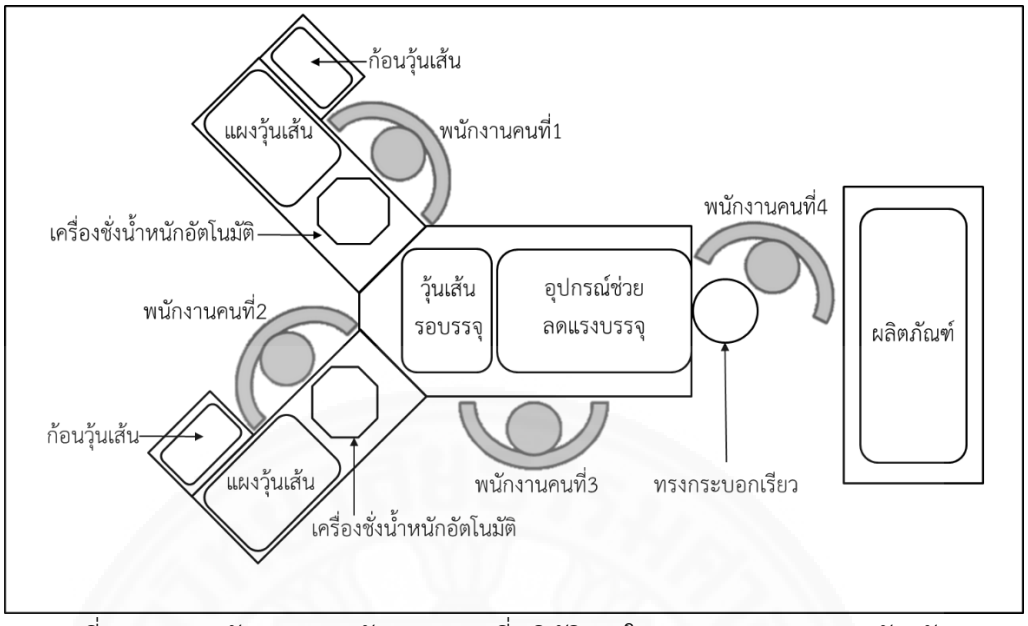
ง) ภาพด้านหน้า

ภาพที่ 4.21 ต้นแบบโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน

ก) ภาพด้านหน้า

ข) ภาพด้านข้าง

ภาพที่ 4.22 จำลองการทำงานของพนักงานร่วมกับโต๊ะทำงานพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน

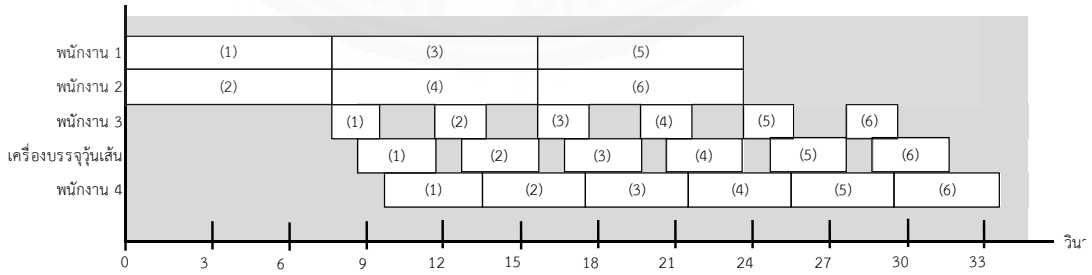


ภาพที่ 4.23 แผนผังแสดงการจัดวางสถานที่ปฏิบัติงานในกระบวนการบรรจุหลังปรับปรุง

ลำดับเวลาการทำงานและหน้าที่ของพนักงานทั้งสี่คนพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานแสดงได้ดังตารางที่ 4.14 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นแสดงดังภาพที่ 4.24 พร้อมทั้งอธิบายขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียด

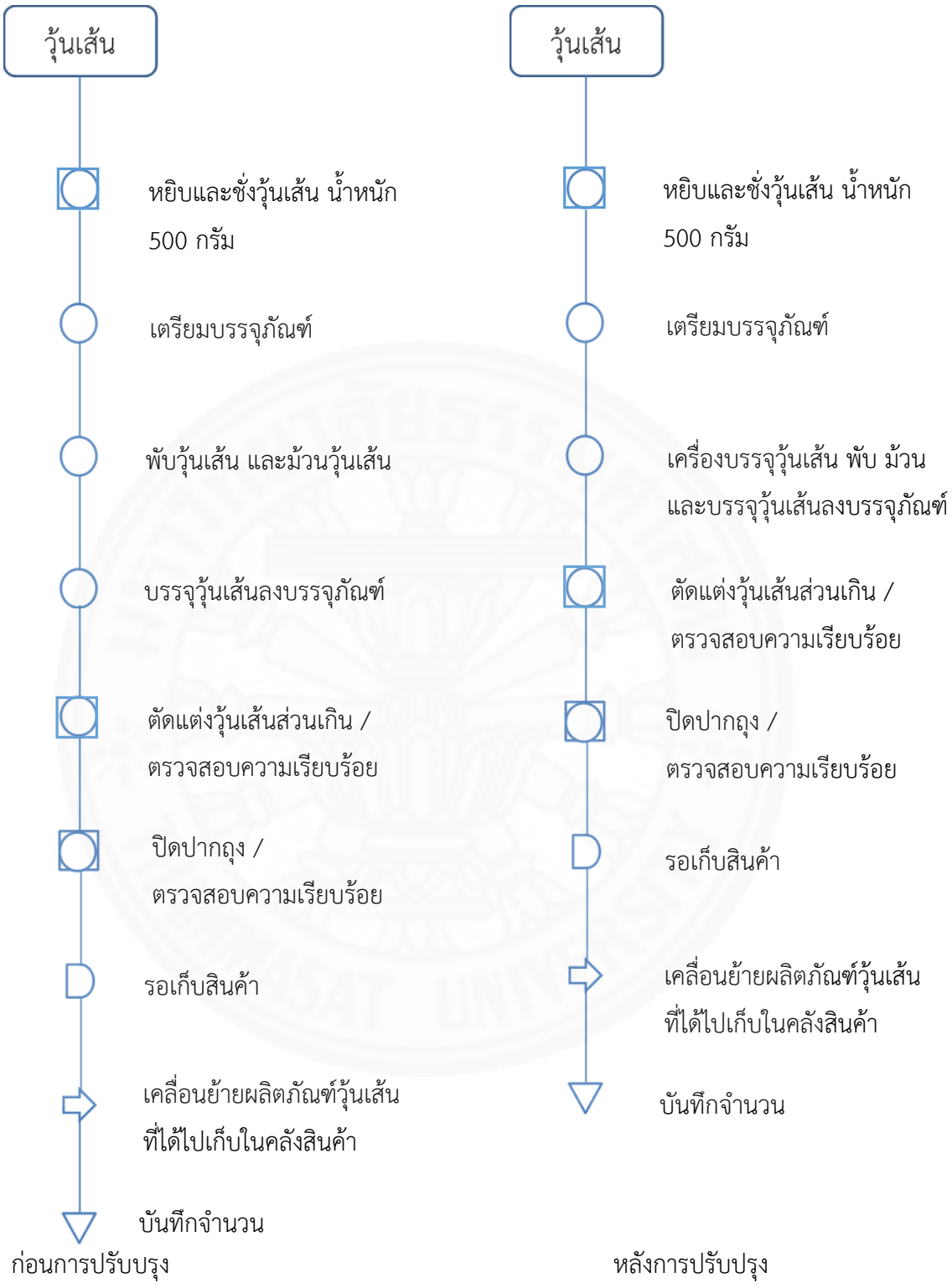
ตารางที่ 4.14

ลำดับเวลาการทำงานและหน้าที่ของพนักงานทั้งสี่คนพร้อมอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน



ตำแหน่ง	หน้าที่
พนักงาน 1	หยิบแผงวุ้นเส้น, ก้อนวุ้นเส้น และชั่งน้ำหนักวุ้นเส้น
พนักงาน 2	หยิบแผงวุ้นเส้น, ก้อนวุ้นเส้น และชั่งน้ำหนักวุ้นเส้น
พนักงาน 3	นำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน
เครื่องบรรจุวุ้นเส้น	พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์
พนักงาน 4	นำบรรจุภัณฑ์ใส่เครื่องบรรจุวุ้นเส้น และตัดเศษวุ้นเส้น

* (-) หมายถึง ลำดับของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยการผลิต



ภาพที่ 4.24 ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น

ขั้นตอนที่ 1 การหยิบและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่หนึ่งและสองหยิบและชั่งวุ้นเส้นให้มีน้ำหนักประมาณ 500 กรัม
- นำวุ้นเส้นที่ได้วางบนโต๊ะสำหรับวุ้นเส้นรอบรรจุ

ขั้นตอนที่ 2 การพับวุ้นเส้นของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่สามนำวุ้นเส้นจากโต๊ะสำหรับวุ้นเส้นรอบรรจุมาวางไว้บนรางใส่บรรจุภัณฑ์ของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง โดยให้ด้านหัวของแผงวุ้นเส้น (ด้านที่เป็นจุดแขวนขณะตากแดดของแผงวุ้นเส้น) อยู่ชิดขอบด้านบนของรางใส่บรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 4.25
- กดปุ่มคำสั่งเริ่มทำงาน กระบอกกดสำหรับพับแผงวุ้นเส้นทำการกดแผงวุ้นเส้นตรงจุดที่เป็นระยะพับของแผงวุ้นเส้น เพื่อให้แผงวุ้นเส้นพับเป็นสองทบดังภาพที่ 4.26 และ 4.27

ภาพที่ 4.25 รางใส่บรรจุภัณฑ์

ภาพที่ 4.26 กระบอกกดพับวุ้นเส้น

ภาพที่ 4.27 วุ้นเส้นหลังพับ

ขั้นตอนที่ 3 การม้วนวุ้นเส้นของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง มีลำดับการทำงานดังนี้

เมื่อแผงวุ้นเส้นโดนพับลงมาในช่องด้านล่างแล้ว กระบอกกดแผงวุ้นเส้นจะเคลื่อนแกนกลับ จากนั้นกระบอกดันแผงวุ้นเส้นในแนวนอนเริ่มทำงาน โดยดันแผงวุ้นเส้นเข้าไปในกระบอกม้วนแผงวุ้นเส้นได้เป็นม้วนวุ้นเส้นหลวมๆ ในทรงกระบอกดังภาพที่ 4.28

ภาพที่ 4.28 กระบอกดันแผงวุ้นเส้นเข้าทรงกระบอก

ขั้นตอนที่ 4 การบรรจุวุ้นเส้นของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง มีลำดับการทำงานดังนี้

หลังจากกระบอกดันแผงวุ้นเส้นตามแนวนอนเคลื่อนแกนกลับแล้ว กระบอกกดสำหรับบรรจุเริ่มทำการกดม้วนวุ้นเส้นผ่านทรงกระบอกเรียวเพื่อบรรจุลงบรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 4.29 และ 4.30

ภาพที่ 4.29 ทรงกระบอกเรียวขณะเตรียมกดบรรจุวุ้นเส้น

ภาพที่ 4.30 ทรงกระบอกเรียวขณะเตรียมกดบรรจุวุ้นเส้นด้านหน้า

ขั้นตอนที่ 5 การเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่สี่สวมบรรจุภัณฑ์
- จับบรรจุภัณฑ์ไว้รอรับวุ้นเส้นที่จะถูกกดลงมาใส่บรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 4.31

ภาพที่ 4.31 พนักงานจับบรรจุภัณฑ์เพื่อรอรับวุ้นเส้น

ขั้นตอนที่ 6 การตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย มีลำดับการทำงานดังนี้

- พนักงานคนที่สี่นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตัดเศษวุ้นเส้นที่เกินจากปากถุงออกพร้อมตรวจสอบความเรียบร้อย
- วางผลิตภัณฑ์บนโต๊ะรับผลิตภัณฑ์ เพื่อรอส่งต่อไปแผนกปิดปากถุงบรรจุภัณฑ์ดังภาพที่ 4.32

ภาพที่ 4.32 ตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย

จากภาพที่ 4.24 เห็นได้ว่าขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์หลังปรับปรุงการทำงานของกระบวนการบรรจุวุ้นเส้น พนักงานมีขั้นตอนการทำงานที่น้อยลง และสามารถทำงานได้ต่อเนื่องพร้อมกันดังแสดงในตารางที่ 4.14 การทำงานของพนักงานและเครื่องบรรจุวุ้นเส้น ในบทถัดไปเป็นการประเมินการทำงานของมือซ้ายและมือขวา และการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานหลังการปรับปรุงการทำงาน และสรุปผลการประเมินหลังการปรับปรุงการทำงาน

บทที่ 5
การประเมินหลังการปรับปรุง

ในบทนี้ได้อธิบายถึงขั้นตอนการประเมิน แสดงวิธีการประเมิน และผลการประเมินจากการทำงานของมือซ้ายและมือขวา และการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ตามขั้นตอนการทำงานของพนักงานหลังการปรับปรุงการทำงาน พร้อมทั้งเปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงาน และสรุปผลการประเมินหลังการปรับปรุง

5.1 ขั้นตอนในการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงาน

จากขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์หลังการปรับปรุงการทำงานในหัวข้อที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการทำงานของพนักงาน และอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน แต่ละขั้นตอนสามารถนำมาวิเคราะห์การทำงานด้วยการวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวา เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานได้อย่างละเอียด ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และทำการศึกษาการเคลื่อนไหวในการทำงานอย่างละเอียด (ภาพแสดงการทำงาน แสดงที่ภาคผนวก ง.) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างหลังการปรับปรุงการทำงานและก่อนการปรับปรุงการทำงาน มีขั้นตอนการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงานดังนี้

(1) ทำการวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาในแต่ละขั้นตอนการทำงาน โดยสังเกตการณ์ทำงานของพนักงานจากการทำงานภายหลังการปรับปรุงการทำงาน แล้วบันทึกผลที่ได้จากการวิเคราะห์ลงในตารางการทำงานของมือซ้ายและมือขวาของแต่ละขั้นตอน ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงาน

(2) ทำการประเมินความเสี่ยงพนักงาน จากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นแต่ละการเคลื่อนไหว ตามกิจกรรมการทำงานที่ได้จากข้อหนึ่งมาใช้ประกอบกับตำแหน่งท่าทางการเคลื่อนไหวในส่วนต่างๆของร่างกาย ดังที่อธิบายพร้อมภาพแสดงการทำงานในภาคผนวก ง. เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน โดยวงเล็บที่ด้านหลังของแต่ละกิจกรรม (จ.X) แสดงถึงตารางแสดงขั้นตอน และผลการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และตารางการประเมินทั้งหมดแสดงไว้ที่ภาคผนวก จ. เรียงตามลำดับที่อยู่ในวงเล็บด้านหลังของแต่ละกิจกรรม จากนั้นนำผลที่ได้จากตารางมาสรุปเป็นแผนภูมิแสดงค่าดังนี้

(2.1) แผนภูมิแสดงคะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างหลังการปรับปรุงการทำงานและก่อนการปรับปรุงการทำงาน ในร่างกายส่วนที่มีคะแนนอยู่ในช่วงต้องปรับปรุง โดยอธิบายหลักการพิจารณาในหัวข้อถัดไป

(2.2) แผนภูมิแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน จากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ประกอบด้วยผลการประเมินคะแนนรวมระหว่างมือซ้ายกับลำตัว และมือขวากับลำตัวในแต่ละขั้นตอน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างหลังการปรับปรุงการทำงานและก่อนการปรับปรุงการทำงาน ในขั้นตอนที่มีการปรับปรุงการทำงาน โดยอธิบายการพิจารณาในหัวข้อถัดไป

(3) จากแผนภูมิแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานในข้อที่ 2.2 ข้างต้น ทำให้ทราบถึงช่วงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน และแผนภูมิแสดงคะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัวในข้อที่ 2.1 ข้างต้น แสดงการประเมินออกเป็นแต่ละส่วนของร่างกาย จากนั้นนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบระหว่างหลังการปรับปรุงการทำงานและก่อนการปรับปรุงการทำงาน

จากขั้นตอนการประเมินในข้างต้น สามารถนำไปประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงาน ได้ผลดังแสดงในหัวข้อถัดไป

5.2 ผลการประเมินการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นหลังการปรับปรุงการทำงาน

จากขั้นตอนการทำงานของพนักงาน เมื่อปรับปรุงการทำงานโดยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ และออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดแรงในการทำงาน เห็นได้ว่าพนักงานทั้งสี่คนมีขั้นตอนในการทำงานใกล้เคียงกัน เพื่อการเปรียบเทียบผลที่ได้ก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน งานวิจัยเล่มนี้จึงทำการวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวา เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานได้อย่างละเอียด ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA โดยแบ่งการวิเคราะห์ขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ของพนักงานหลังจากปรับปรุงการทำงาน โดยใช้อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม

ลำดับการทำงานของขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้นยังคงคล้ายกับก่อนปรับปรุงการทำงาน แต่มีลักษณะการทำงานบางอย่างที่แตกต่างออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พนักงานหยิบวุ้นเส้นที่อยู่ทางด้านขวามือของพนักงานมาเลือกที่ระดับเอว โดยวุ้นเส้นแบ่งเป็นแบบแผงและแบบก้อน

- นำวุ้นเส้นชั่งน้ำหนักที่ตราชั่งด้านหน้าลำตัวตั้งอยู่สูงระดับเอว โดยมีน้ำหนักประมาณ 500 กรัม (ก่อนปรับปรุงการทำงานต้องยกวุ้นเส้นขึ้นระดับหน้าอก)

- ยกวุ้นเส้น แล้ววางวุ้นเส้นลงบนโต๊ะของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานทางด้านซ้ายมือของพนักงาน (ก่อนปรับปรุงการทำงานต้องยกวุ้นเส้นแล้วบิดตัวไปด้านซ้ายเพื่อส่งวุ้นเส้นให้พนักงานคนถัดไป)

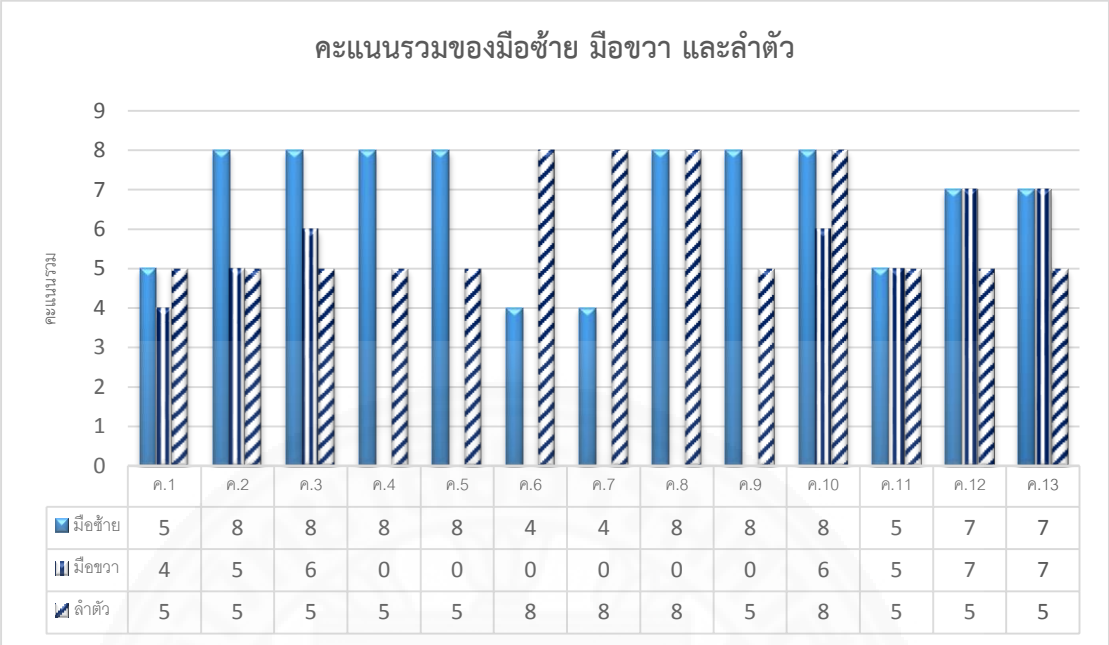
โดยจากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้น สามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 5.1 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA และสามารถสรุปเป็นแผนภูมิแสดงค่าคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 5.1 และได้แผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 5.2

ตารางที่ 5.1

การทำงานของมือในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม (จ.1 ถึง จ.13)

การทำงานมือซ้าย	**สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว**								**การทำงานมือขวา**
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
เคลื่อนที่ไปที่แผงวุ้นเส้น		X				X			เคลื่อนที่ไปที่แผงวุ้นเส้น (จ.1)
ดึงหยิบวุ้นเส้นที่แผงวุ้นเส้น	X				X				กดวุ้นเส้นที่กองไว้ (จ.2)
ถือแผงวุ้นเส้น			X		X				ดึงเศษวุ้นเส้นออก (จ.3)
เคลื่อนแผงวุ้นเส้นไปที่ตราชั่ง		X				X			เคลื่อนแผงวุ้นเส้นไปที่ตราชั่ง (จ.4)
วางแผงวุ้นเส้นบนตราชั่ง	X				X				วางแผงวุ้นเส้นบนตราชั่ง (จ.5)
ว่าง				X		X			เคลื่อนที่ไปที่ก้อนวุ้นเส้น (จ.6)
ว่าง				X	X				หยิบก้อนวุ้นเส้นที่กองวุ้นเส้น (จ.7)
ว่าง				X		X			เคลื่อนก้อนวุ้นเส้นไปที่ตราชั่ง(จ.8)
ว่าง				X	X				วางก้อนวุ้นเส้นลงบนตราชั่ง (จ.9)
ประคองวุ้นเส้นกันตก			X		X				หยิบออกหรือเพิ่มวุ้นเส้น (จ.10)
หยิบชุดวุ้นเส้นจากตราชั่ง	X							X	ว่าง (จ.11)
เคลื่อนที่ไปรางวางวุ้นเส้น		X						X	ว่าง (จ.12)
วางชุดวุ้นเส้น 500 กรัมบนโต๊ะ	X							X	ว่าง (จ.13)

หมายเหตุ (จ.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก จ.



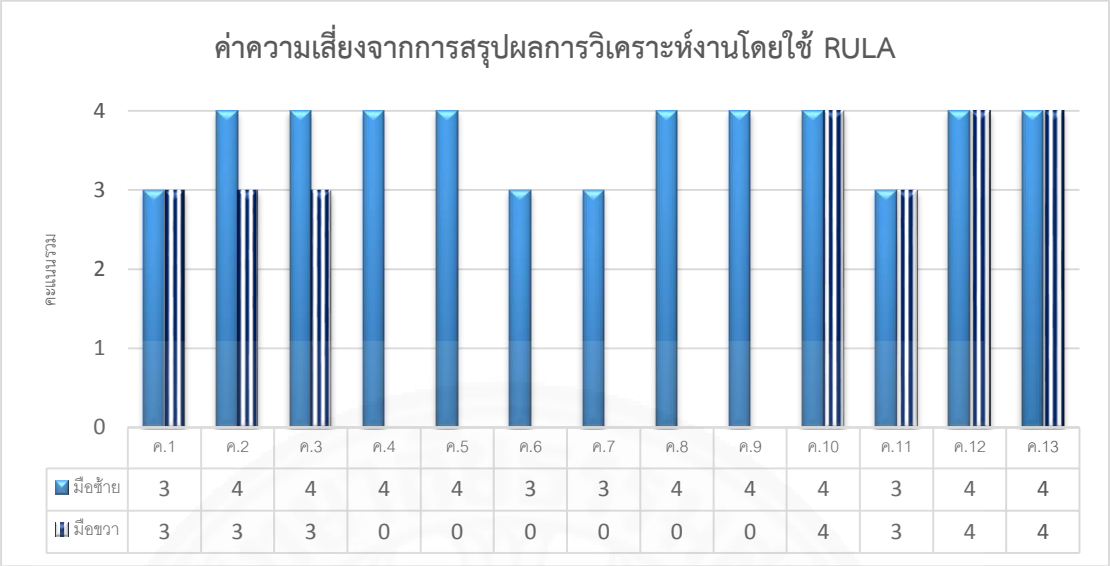
	ค.1	ค.2	ค.3	ค.4	ค.5	ค.6	ค.7	ค.8	ค.9	ค.10	ค.11	ค.12	ค.13
มือซ้าย	5	8	8	8	8	4	4	8	8	8	5	7	7
มือขวา	4	5	6	0	0	0	0	0	0	6	5	7	7
ลำตัว	5	5	5	5	5	8	8	8	5	8	5	5	5

(ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน

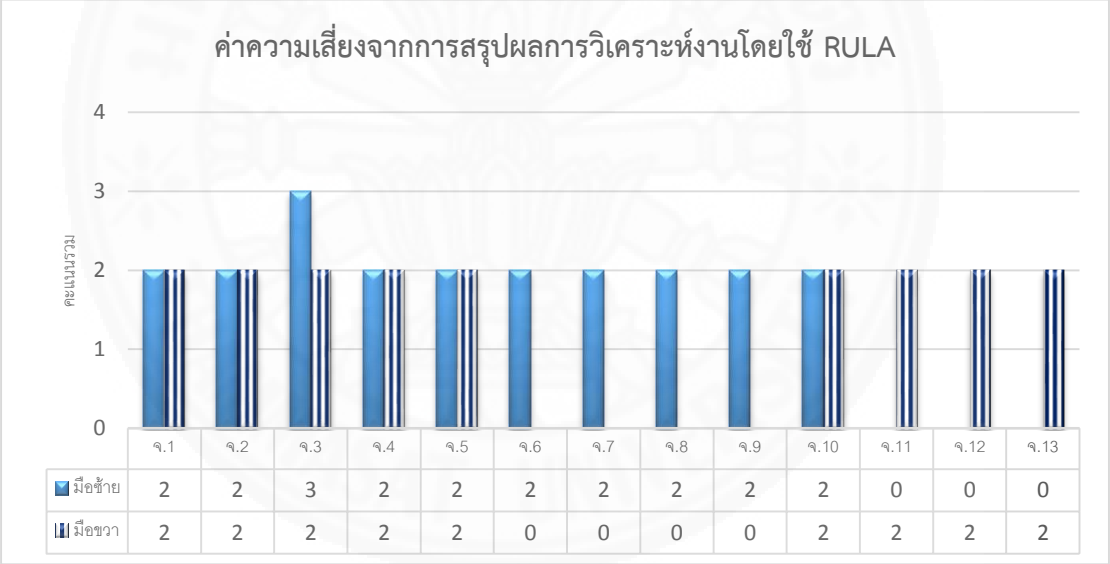
	จ.1	จ.2	จ.3	จ.4	จ.5	จ.6	จ.7	จ.8	จ.9	จ.10	จ.11	จ.12	จ.13
มือซ้าย	5	5	6	3	3	5	5	3	3	5	0	0	0
มือขวา	4	4	5	3	3	0	0	0	0	3	3	5	5
ลำตัว	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

(ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

ภาพที่ 5.1 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม (ก) คือ ก่อนปรับปรุงการทำงานและ (ข) คือ หลังปรับปรุงการทำงาน



(ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน



(ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

ภาพที่ 5.2 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม (ก) คือ ก่อนปรับปรุงการทำงานและ (ข) คือ หลังปรับปรุงการทำงาน

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้นน้ำหนัก 500 กรัมหลังปรับปรุงการทำงาน ด้วยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ และออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานมาใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ พบว่าการทำงานของมือซ้ายและมือขวามีความสัมพันธ์กันมากขึ้น คือมือทั้งสองข้างมีจำนวนภาระงานใกล้เคียงกัน และการว่างงานของมือขวาลดลง ซึ่งการทำงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงติดตามวัดผลดังภาพที่ 5.1 (ข) โดยเทียบกับก่อนการปรับปรุงการทำงาน ปัญหาส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานของมือซ้ายและลำตัวดังภาพที่ 5.1 (ก) และเมื่อวิเคราะห์จากค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานในภาพที่ 5.2 (ก) และภาพที่ 5.2 (ข) ตามลำดับ พบว่าก่อนปรับปรุงการทำงานส่วนใหญ่อยู่ระดับที่ 4 คือ ช่วงที่มีปัญหาด้านการยศาสตร์จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันที อย่างไรก็ตามหลังปรับปรุงการทำงาน ค่าความเสี่ยงอยู่ระดับที่ 2 คือ คอยติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ในขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้น ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสม และลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน

ขั้นตอนที่ 2 การนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน

การทำงานของขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเพื่อช่วยลดการออกแรงในกระบวนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ เป็นขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาภายหลังปรับปรุงการทำงาน เพื่อให้พนักงานและอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บจากการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พนักงานใช้มือซ้ายหยิบชุดวุ้นเส้นจากโต๊ะส่งมาที่มือขวา แล้ววางบนจุดวางวุ้นเส้นของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง พร้อมทั้งตรวจสอบความเรียบร้อยในการวางด้วยสายตา
- กดปุ่มที่อยู่ด้านหน้าลำตัวด้วยมือสองข้าง เพื่อให้อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานเริ่มทำงาน

โดยจากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน สามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 5.2 และสามารถสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 5.3แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ได้แผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 5.4

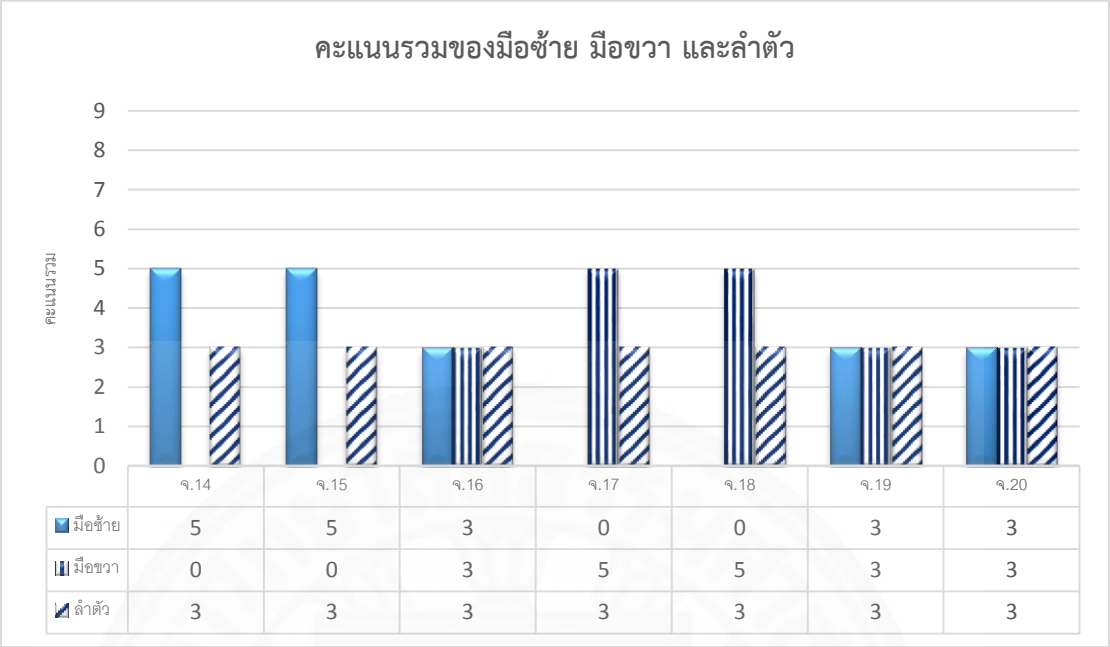
ตารางที่ 5.2

การทำงานของมือในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน (จ.14 ถึง จ. 20)

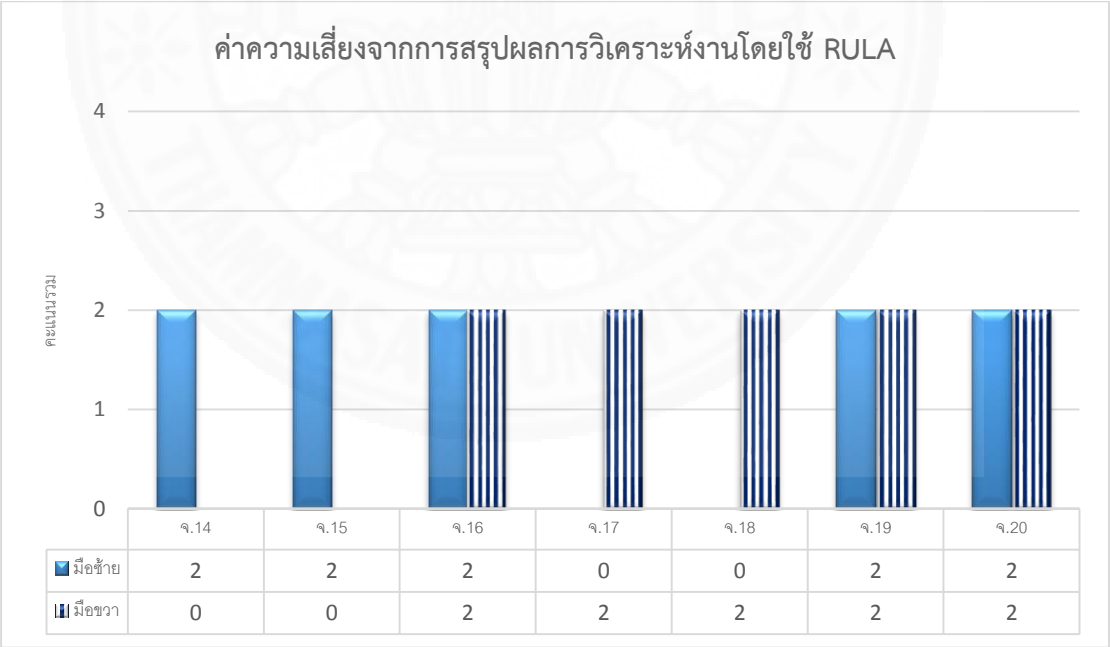
การทำงานมือซ้าย	**สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว**								**การทำงานมือขวา**
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
เคลื่อนที่ไปที่โต๊ะวางวุ้นเส้น		X						X	ว่าง (จ.14)
หยิบชุดวุ้นเส้น	X							X	ว่าง (จ.15)
ส่งชุดวุ้นเส้นให้มือขวา	X				X				รับชุดวุ้นเส้นจากมือซ้าย (จ.16)
ว่าง				X		X			เคลื่อนที่ไปโต๊ะวางวุ้นเส้นของอุปกรณ์ (จ.17)
ว่าง				X	X				วางชุดวุ้นเส้นบนจุดวาง (จ.18)
เคลื่อนที่ไปปุ่มสั่งการทำงาน		X				X			เคลื่อนที่ไปปุ่มสั่งการทำงาน(จ.19)
กดปุ่มสั่งเริ่มต้นทำงาน	X				X				กดปุ่มสั่งเริ่มต้นทำงาน (จ.20)

หมายเหตุ (จ.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก จ.

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน เนื่องจากขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นมาเพื่อให้พนักงานนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน ก่อนที่อุปกรณ์จะทำหน้าที่พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ดังนั้นผลวิเคราะห์จึงมีเฉพาะหลังปรับปรุงการทำงานเท่านั้น โดยพบว่าการทำงานของมือซ้าย มือขวาและลำตัวในภาพที่ 5.3 มีความสัมพันธ์กันคือ มือทั้งสองข้างมีจำนวนภาระงานใกล้เคียงกัน และขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงติดตามวัดผล เมื่อวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานในภาพที่ 5.4 ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับที่ 2 คือ คอยติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ ในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสม และลดโอกาสในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงานในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 5.3 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานหลังปรับปรุงการทำงาน



ภาพที่ 5.4 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานหลังปรับปรุงการทำงาน

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ

ลำดับการทำงานของขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ ยังคงคล้ายกับลำดับการทำงานก่อนปรับปรุงการทำงาน แต่มีลักษณะการทำงานบางอย่างที่แตกต่างออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พนักงานคนที่สองหยิบบรรจุภัณฑ์ข้างลำตัว ก่อนสวมที่ปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียว (ก่อนปรับปรุงการทำงานพนักงานต้องก้มตัวเพื่อสวมบรรจุภัณฑ์)

- ใช้มือจับบรรจุภัณฑ์ไว้ไม่ให้หลุดจากปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียว โดยภาพการทำงานแสดงที่ภาคผนวก ง. (ก่อนปรับปรุงการทำงานพนักงานต้องงอเข่าเพื่อดันบรรจุภัณฑ์ไว้ไม่ให้หลุดจากปลายด้านล่างของทรงกระบอกเรียว)

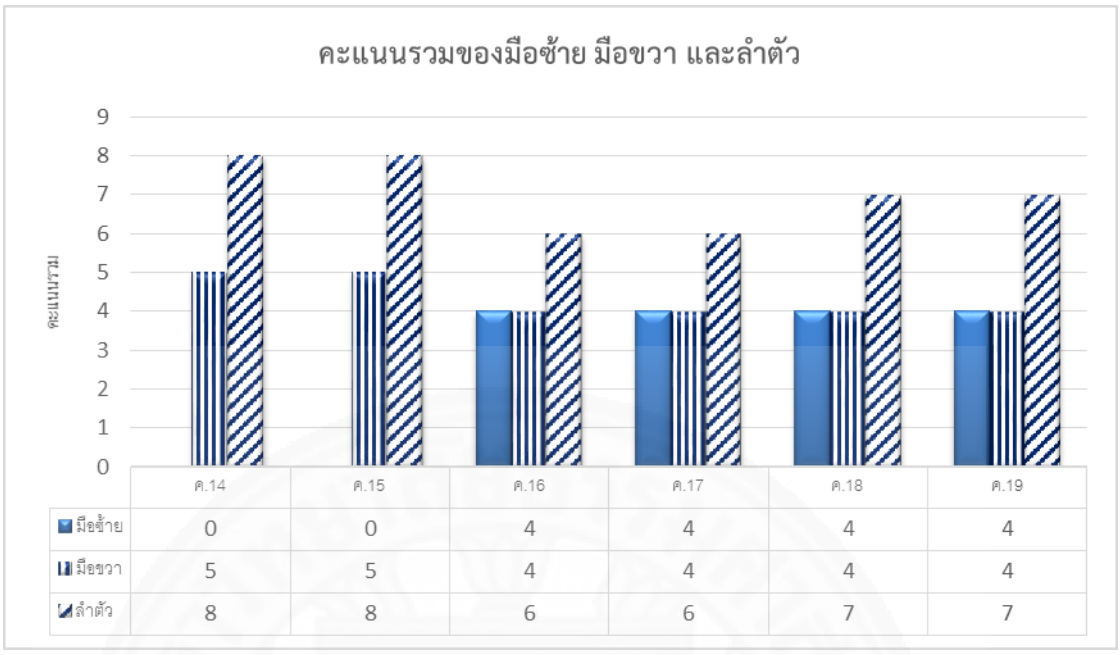
โดยสามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 5.3 และสามารถสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 5.5 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA สามารถสรุปได้เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 5.6

ตารางที่ 5.3

การทำงานของมือในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ (จ.21 ถึง จ.26)

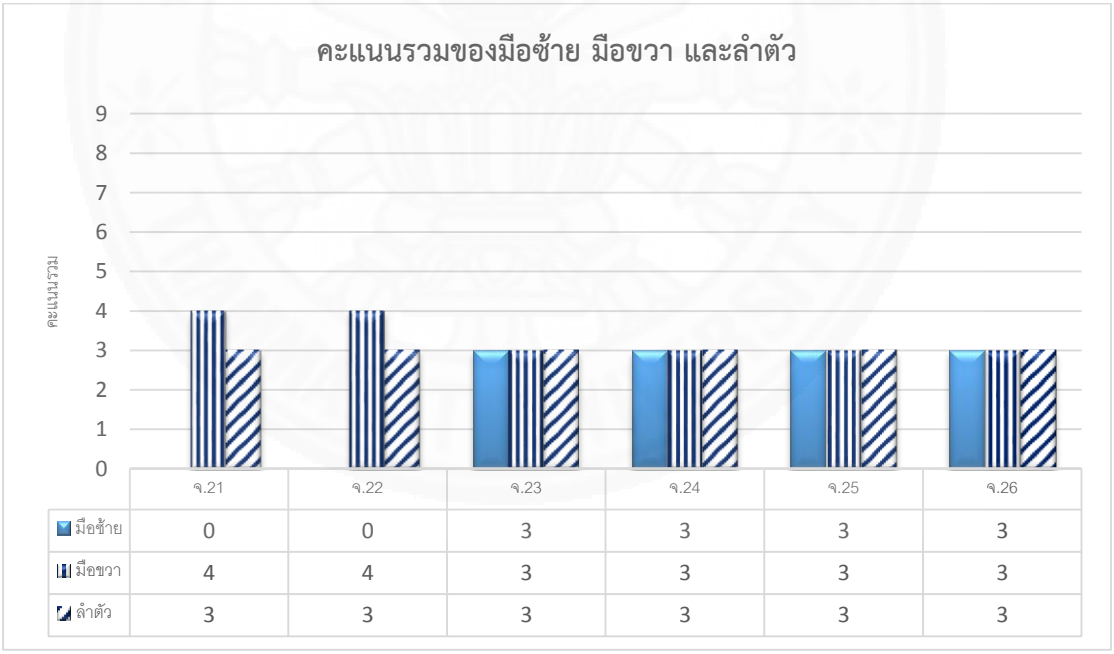
การทำงานมือซ้าย	**สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว**								**การทำงานมือขวา**
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
ว่าง				X		X			เคลื่อนที่ไปหยิบบรรจุภัณฑ์ (จ.21)
ว่าง				X	X				หยิบบรรจุภัณฑ์ (จ.22)
เคลื่อนที่ไปจับบรรจุภัณฑ์		X				X			เคลื่อนที่ไปทรงกระบอกเรียว (จ.23)
จับปากบรรจุภัณฑ์กางออก	X				X				จับปากบรรจุภัณฑ์กางออก (จ.24)
สวมบรรจุภัณฑ์เข้าทรงกระบอกเรียว	X				X				สวมบรรจุภัณฑ์เข้าทรงกระบอกเรียว (จ.25)
จับบรรจุภัณฑ์			X				X		จับบรรจุภัณฑ์ (จ.26)

หมายเหตุ (จ.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก จ.



	ค.14	ค.15	ค.16	ค.17	ค.18	ค.19
มือซ้าย	0	0	4	4	4	4
มือขวา	5	5	4	4	4	4
ลำตัว	8	8	6	6	7	7

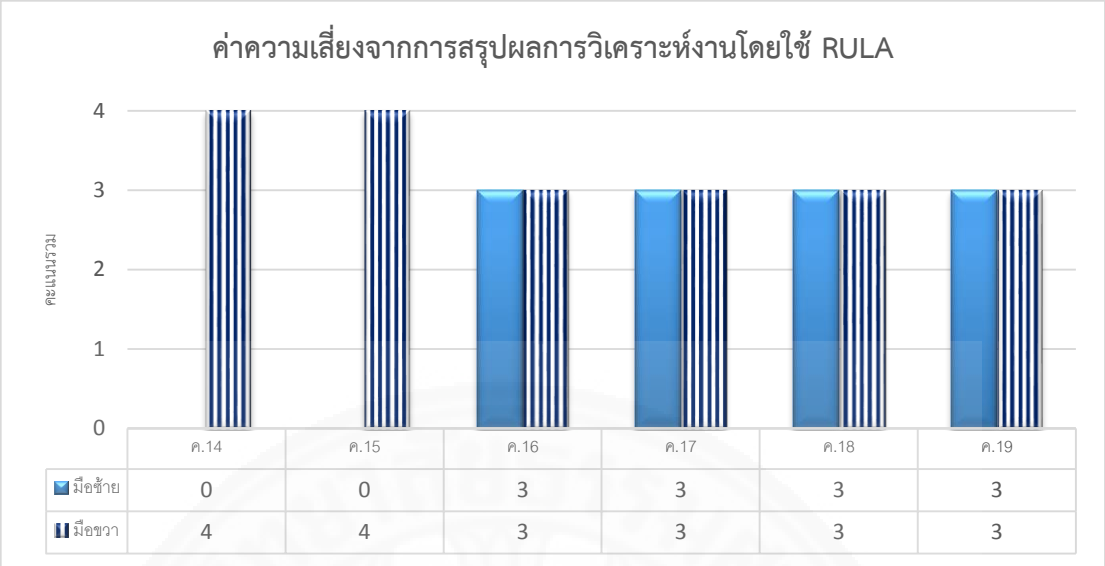
(ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน



	จ.21	จ.22	จ.23	จ.24	จ.25	จ.26
มือซ้าย	0	0	3	3	3	3
มือขวา	4	4	3	3	3	3
ลำตัว	3	3	3	3	3	3

(ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

ภาพที่ 5.5 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ (ก) คือ ก่อนปรับปรุงการทำงานและ (ข) คือ หลังปรับปรุงการทำงาน



(ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน

(ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

ภาพที่ 5.6 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ (ก) คือ ก่อนปรับปรุงการทำงานและ (ข) คือ หลังปรับปรุงการทำงาน

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุหลังปรับปรุงการทำงาน พบว่าท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวตามภาพที่ 5.5 หลังปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนการทำงานทั้งหมดอยู่ในช่วงติดตามวัดผล ในขณะที่ก่อนปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหามาก ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานของมือขวาและลำตัว และจากผลวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานดังภาพที่ 5.6 พบว่าหลังปรับปรุงการทำงานทั้งหมดอยู่ในระดับที่ 2 คือ คอยติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งดีขึ้นจากก่อนปรับปรุงการทำงานที่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับที่ 3-4 คือ ช่วงที่เริ่มมีปัญหาและมีปัญหาด้านการยศาสตร์ จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันที ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ในขั้นตอนการเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสม และลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน

ขั้นตอนที่ 4 การตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย

ลำดับการทำงานของขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย ยังคงคล้ายกับลำดับการทำงานก่อนปรับปรุงการทำงาน แต่มีลักษณะการทำงานบางอย่างที่แตกต่างออกไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

- พนักงานคนที่สี่หยิบวุ้นเส้นพร้อมบรรจุภัณฑ์ขึ้นมาทำการตัดแต่งปลายวุ้นเส้นที่ยาวเลยออกมานอกบรรจุภัณฑ์
- ตรวจสอบความเรียบร้อยของวุ้นเส้นที่ถูกบรรจุอยู่ในบรรจุภัณฑ์
- ส่งวุ้นเส้นที่บรรจุลงบรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้วไปแผนกปิดปากถุง (ก่อนปรับปรุงการทำงานพนักงานต้องหมุนตัวกลับไปแล้ววางที่จุดวางผลิตภัณฑ์)

โดยจากลักษณะการทำงานของขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย สามารถนำท่าทางในการปฏิบัติงานมาวิเคราะห์การทำงานของมือซ้ายและมือขวาได้ดังแสดงตารางที่ 5.4 และสามารถสรุปเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าคะแนนรวมได้ดังภาพที่ 5.7 แล้วทำการวิเคราะห์หาค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน ด้วยการประเมินความเสี่ยงพนักงานจากการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA สามารถสรุปได้เป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานดังภาพที่ 5.8

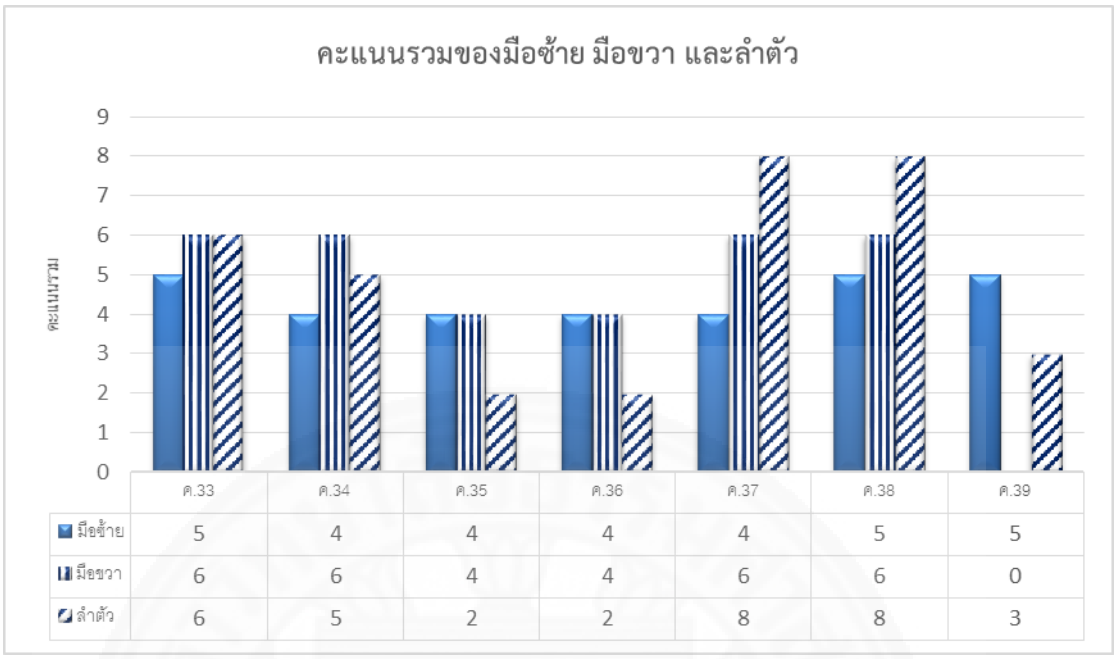
ตารางที่ 5.4

การทำงานของมือในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย (จ.27 ถึง จ.33)

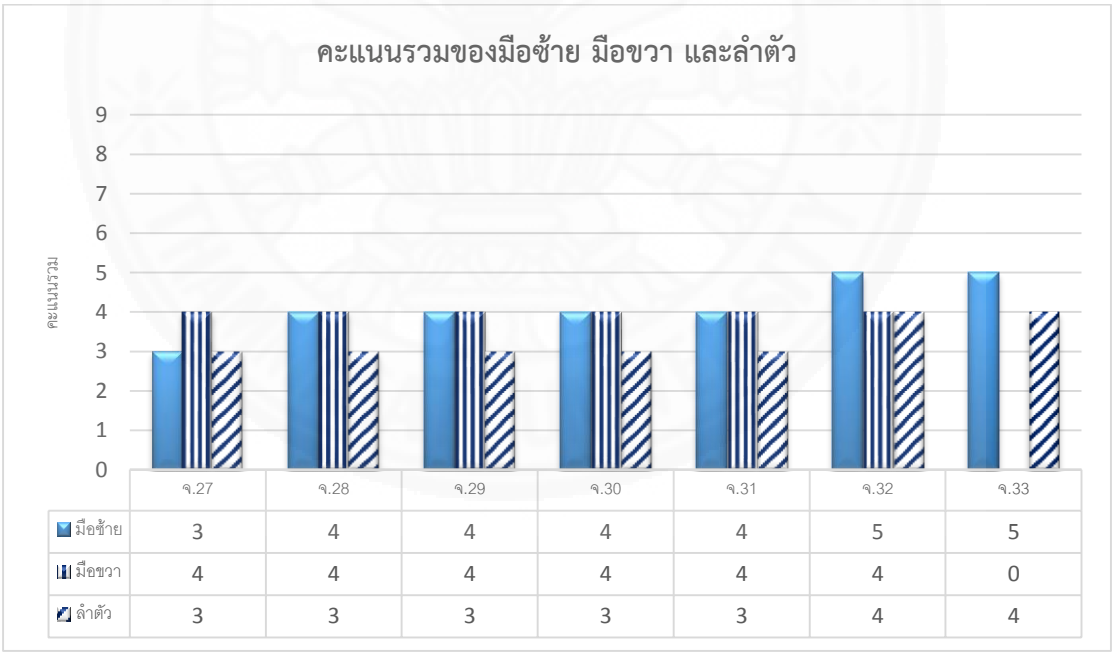
การทำงานมือซ้าย	สัญลักษณ์การเคลื่อนไหว								การทำงานมือขวา
	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	
หยิบบรรจุภัณฑ์	X					X			เคลื่อนที่ไปที่วางกรรไกร (จ.27)
ยกบรรจุภัณฑ์	X				X				หยิบกรรไกร (จ.28)
ถือบรรจุภัณฑ์			X			X			เคลื่อนที่กรรไกรไปหาบรรจุภัณฑ์ (จ.29)
ถือบรรจุภัณฑ์			X		X				ตัดเศษวุ้นเส้น (จ.30)
ถือผลิตภัณฑ์			X			X			เคลื่อนที่กรรไกรไปที่วาง (จ.31)
เคลื่อนที่ผลิตภัณฑ์ไปที่จุดวางผลิตภัณฑ์		X			X				วางกรรไกร (จ.32)
วางผลิตภัณฑ์	X							X	ว่าง (จ.33)

หมายเหตุ (จ.X) การประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ที่ภาคผนวก จ.

ผลวิเคราะห์การทำงานในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อยหลังปรับปรุงการทำงาน พบว่าท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัวตามภาพที่ 5.7 หลังปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงติดตามวัดผล ในขณะที่ก่อนปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนการทำงานที่มีปัญหามาก ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากท่าทางการทำงานของทั้งมือซ้าย มือขวา และลำตัว จากผลวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานดังภาพที่ 5.8 พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับที่ 2 คือ คอยติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งดีขึ้นจากก่อนปรับปรุงการทำงานที่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงระดับที่ 3-4 คือ ช่วงที่เริ่มมีปัญหาจนถึงช่วงมีปัญหาด้านการยศาสตร์ จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันที ดังนั้นการปรับปรุงการทำงานโดยยึดหลักการยศาสตร์ในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะ และลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน

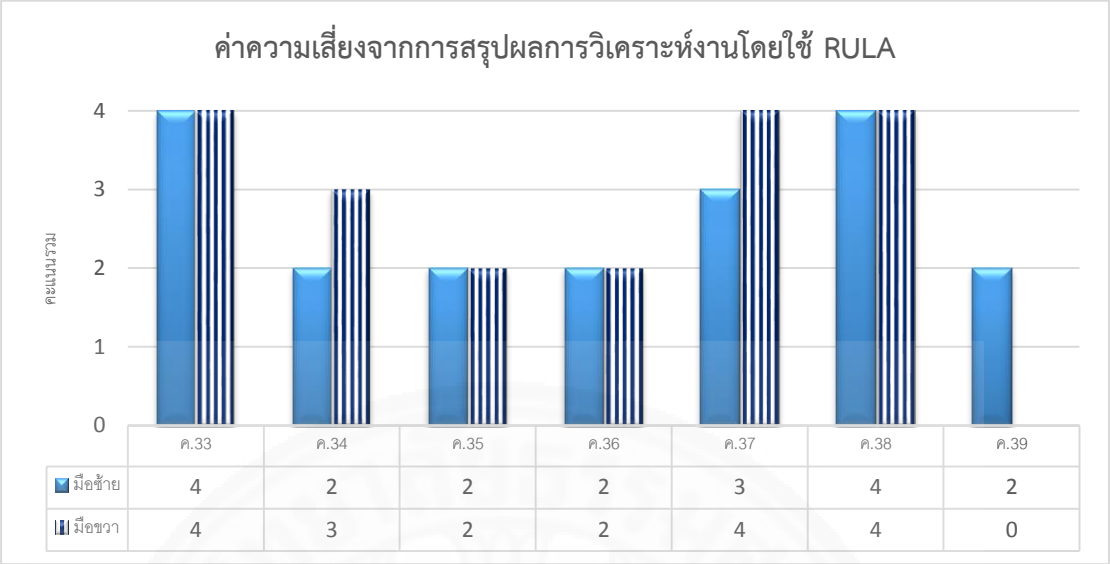


(ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน



(ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

ภาพที่ 5.7 คะแนนรวมมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของท่าทางการทำงานในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย (ก) คือ ก่อนปรับปรุงการทำงานและ (ข) คือ หลังปรับปรุงการทำงาน



(ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน

(ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

ภาพที่ 5.8 ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานจากการสรุปผลการวิเคราะห์โดยใช้ RULA ในขั้นตอนการตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย (ก) คือ ก่อนปรับปรุงการทำงานและ (ข) คือ หลังปรับปรุงการทำงาน

อย่างไรก็ตามในการประเมินการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัว และการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงของท่าทางการทำงานโดยใช้ RULA ทั้ง 4 ขั้นตอนดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้น เป็นการประเมินโดยอ้างอิงความสูงตามมาตรฐานพนักงานหญิงของโรงงาน ทั้งนี้งานวิจัยได้คำนึงถึงการทำงานของพนักงานหญิงที่มีความสูงแตกต่างจากมาตรฐาน โดยได้คำนวณระดับความสูงที่สูงสุดและต่ำสุดของพนักงานที่สามารถทำงานได้ โดยค่าประเมินการทำงานมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของพนักงานทั้ง 3 ระดับความสูงที่แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนการทำงาน และแจกแจงรายละเอียดลำดับท่าทางการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกันในแต่ละขั้นตอนแสดงในภาคผนวก จ.34 จากนั้นสามารถนำมาสรุปเป็นค่าประเมินการทำงานมือซ้าย มือขวา และลำตัว ของพนักงานทั้ง 3 ระดับความสูงใน 4 ขั้นตอนการทำงาน และค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานโดยใช้การวิเคราะห์ RULA แสดงดังตารางที่ 5.5

โดยจากตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็นว่า พนักงานที่มีความสูงในช่วง 149 ถึง 165 เซนติเมตร สามารถทำงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ร่วมกับอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานได้ โดยถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานโดย RULA อยู่ในระดับไม่เกิน 2 ซึ่งหมายถึง การติดตามวัดผลอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 5.5

ค่าการประเมินการทำงานมือซ้าย มือขวา และลำตัว และค่าความเสี่ยงของท่าทางการทำงานโดยใช้การวิเคราะห์ RULA ของพนักงานหญิง 3 ระดับความสูง

ขั้นตอน	ความสูง (ซม.)	ภาพ	ค่าการประเมินการทำงาน			ค่าความเสี่ยง RULA		ผลปรับปรุงการทำงาน
			มือซ้าย	มือขวา	ลำตัว	มือซ้าย	มือขวา	
1. การหยิบวุ้นเส้นและชั่งวุ้นเส้น น้ำหนัก 500 กรัม	149		5	5	3	2	2	ช่วยลดการยกไหล เอียงตัว และก้มตัวขณะทำงาน
	157		5	5	3	2	2	
	165		5	3	3	2	2	
2. การนำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน	149		3	3	3	2	2	เป็นขั้นตอนที่เพิ่มขึ้นหลังปรับปรุง เพื่อลดปัญหาในขั้นตอนการพับม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์
	157		3	3	3	2	2	
	165		3	3	3	2	2	
3. การเตรียมบรรจุภัณฑ์สำหรับใช้บรรจุ	149		4	4	3	2	2	ช่วยลดการก้มตัว เอียงตัว และงอเข่าขณะทำงาน
	157		3	3	3	2	2	
	165		3	3	3	2	2	
4. การตัดแต่งวุ้นเส้นส่วนเกินและตรวจสอบความเรียบร้อย	149		4	5	3	2	2	ช่วยลดการก้มตัวและยกแขนขณะทำงาน
	157		4	4	3	2	2	
	165		4	4	3	2	2	

5.3 การเปรียบเทียบเวลาการทำงานก่อนและหลังการปรับปรุงการทำงาน

การทำงานก่อนปรับปรุงการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้น หนึ่งสายการผลิตมีพนักงานจำนวน 2 คน ทำหน้าที่ หยิบ-ชั่งวุ้นเส้น และพับ-ม้วน-บรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ตามลำดับ โดยเวลาการทำงานของพนักงานทั้ง 2 คน ได้จากการจับเวลาการทำงานของพนักงานในกระบวนการผลิตผ่านบันทึกภาพเคลื่อนไหวแสดงดังตารางที่ 5.6 และรอบกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุงการทำงานแสดงดังตารางที่ 5.7

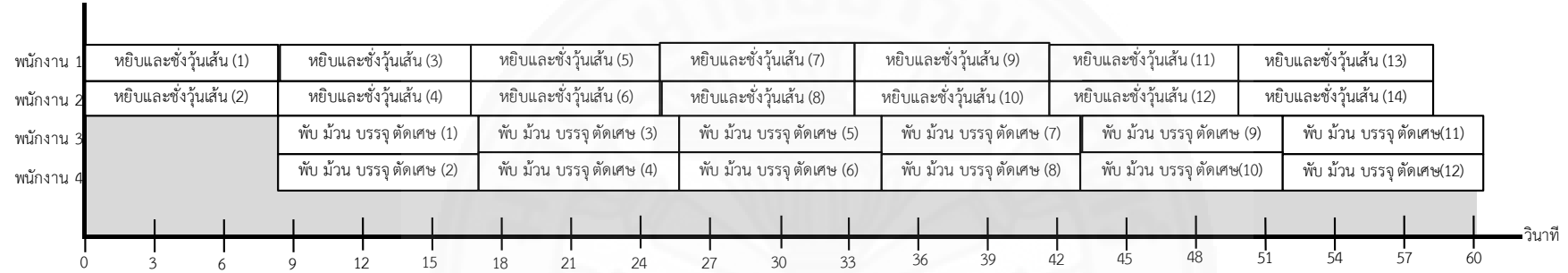
ตารางที่ 5.6

เวลาการทำงานของพนักงานก่อนปรับปรุงการทำงาน

ลำดับการทำงาน	ตำแหน่ง	หน้าที่	เวลา (วินาที)
1	พนักงาน 1	หยิบแผงวุ้นเส้น, ก้อนวุ้นเส้น และชั่งน้ำหนักวุ้นเส้น	8.3
2	พนักงาน 2	เตรียมบรรจุภัณฑ์ พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์	6.7
		ตัดเศษวุ้นเส้น	2
		รวมเวลากระบวนการผลิตต่อหนึ่งชิ้น	**17**

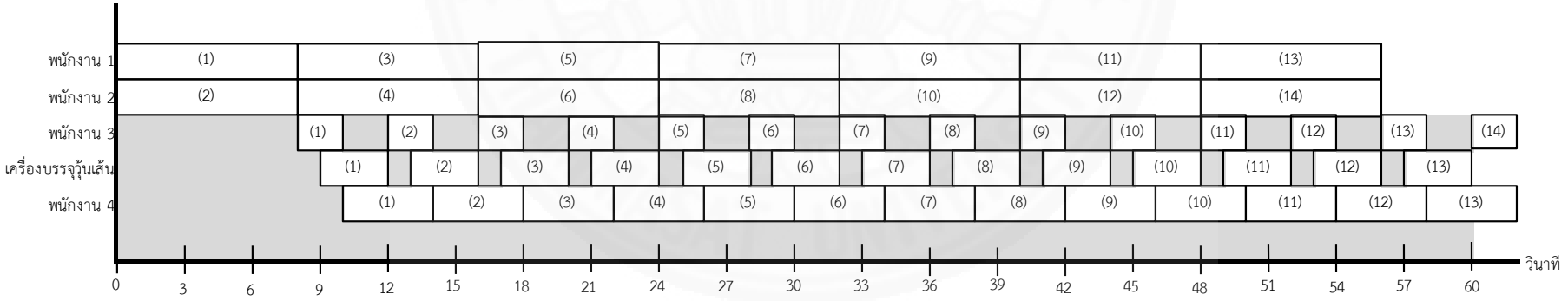
ตารางที่ 5.7

รอบกระบวนการผลิต



* (X) หมายถึง ลำดับของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยการผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตในหนึ่งรอบ

ก) ก่อนปรับปรุงการทำงาน



* (X) หมายถึง ลำดับของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยการผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิตในหนึ่งรอบ

ข) หลังปรับปรุงการทำงาน

จากตารางเวลาการทำงานของพนักงาน และรอบกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุงการทำงาน พบว่าเวลาของกระบวนการผลิตต่อชิ้น (Cycle time) คือ 17 วินาที และมีเวลาทำงานในหนึ่งรอบ (Takt time) คือ 8.7 วินาที อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้น เนื่องจากมีท่าทางการทำงานที่ไม่ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ ด้วยการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ มาช่วยลดการออกแรงของพนักงาน โดยหลังจากทดลองปฏิบัติจริง และจับเวลาการทำงานของอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง ในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ พบว่าใช้เวลา 3 วินาที ต่อหนึ่งหน่วยการผลิต อย่างไรก็ตามขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้นซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนหน้า พนักงานต้องใช้เวลา 8 วินาที ต่อหนึ่งหน่วยการผลิต ดังนั้นเพื่อให้ขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ด้วยอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงไม่เกิดเวลาว่างงาน จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนสายการผลิต ด้วยการเพิ่มจำนวนพนักงานจาก 2 คน เป็น 4 คน เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาในการทำงานร่วมกันระหว่างพนักงานกับอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง โดยเวลาการทำงานของพนักงานทั้ง 4 คน ซึ่งได้จากการจับเวลาการจำลองการทำงานของพนักงานในกระบวนการผลิตแสดงดังตารางที่ 5.8 และรอบกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงการทำงานแสดงดังตารางที่ 5.7ข

ตารางที่ 5.8

เวลาการทำงานของพนักงานหลังปรับปรุงการทำงาน

ลำดับการทำงาน	ตำแหน่ง	หน้าที่	เวลา (วินาที)	หมายเหตุ
1	พนักงาน 1	หยิบแผงวุ้นเส้น, ก้อนวุ้นเส้น และชั่งน้ำหนักวุ้นเส้น	8	พนักงาน 2 คน ทำงานคนละชิ้นกัน
1	พนักงาน 2	หยิบแผงวุ้นเส้น, ก้อนวุ้นเส้น และชั่งน้ำหนักวุ้นเส้น	8	
2	พนักงาน 3	นำวุ้นเส้นใส่อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน	2	
3	เครื่องบรรจุวุ้นเส้น	พับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์	3	
4	พนักงาน 4	นำบรรจุภัณฑ์ใส่เครื่องบรรจุวุ้นเส้น	2	ทำในเวลาเดียวกับเครื่องบรรจุวุ้นเส้นทำงาน
		ตัดเศษวุ้นเส้น	2	
		รวมเวลากระบวนการผลิตต่อหนึ่งชิ้น	**15**	

จากตารางเวลาการทำงานของพนักงาน และรอบกระบวนการผลิตหลังปรับปรุงการทำงาน พบว่าเวลาของกระบวนการผลิตต่อชิ้น (Cycle time) คือ 15 วินาที และมีเวลาทำงานในหนึ่งรอบ (Takt time) คือ 4 วินาที ซึ่งเวลาของกระบวนการผลิตต่อชิ้น (Cycle time) ลดลงจากก่อนปรับปรุงการทำงาน มีสาเหตุเนื่องมาจาก 2 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนการหยิบและชั่งวุ้นเส้น ได้มีการปรับปรุงด้วยการปรับตำแหน่งการจัดวางของต่างๆให้ง่ายต่อการทำงาน และถูกต้องตามหลักการยศาสตร์มากขึ้น ทำให้เวลาในการทำงานลดลง 0.3 วินาที

- ขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ได้นำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงมาใช้ ทำให้เวลาในการทำงานลดลง 1.7 วินาที

ในส่วนของเวลาการทำงานในหนึ่งรอบ (Takt time) จากตารางที่ 5.7 เห็นว่าหลังปรับปรุงการทำงาน หนึ่งสายการผลิตใช้พนักงานจำนวน 4 คน ซึ่งเทียบได้กับก่อนปรับปรุงการทำงานสองสายการผลิต ที่ใช้จำนวนพนักงานสายการผลิตละ 2 คน ดังนั้นเมื่อเทียบที่เวลาเดียวกัน และจำนวนพนักงานเท่ากัน คือ 4 คน พบว่า เวลาการทำงานในหนึ่งรอบต่อสองชิ้นของก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานคือ 8.7 วินาที และ 8 วินาที ตามลำดับ

ดังนั้น เมื่อเทียบเวลาการทำงานในหนึ่งรอบต่อชิ้นของก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน พบว่ามีค่าเท่ากับ 4.35 วินาที และ 4 วินาที ตามลำดับ ซึ่งพบว่าเวลาทำงานลดลง 0.35 วินาที คิดเป็นร้อยละ 8.05 ส่งผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.75 อีกด้วย โดยในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์นั้น มีการทำงาน 4 ชั่วโมง ต่อหนึ่งวัน ดังนั้นในหนึ่งวันทำงานหลังปรับปรุงการทำงานสามารถบรรจุได้ 2,880 ห่อ โดยคิดเวลาเผื่อ (Allowance Time) ที่ร้อยละ 20 ซึ่งมากกว่าก่อนปรับปรุงการทำงานที่สามารถบรรจุได้ 2,648 ห่อ

อย่างไรก็ตามในการทำงานหลังปรับปรุงการทำงาน จำเป็นต้องใช้พนักงานจำนวน 4 คน ในหนึ่งสายการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอให้รวมจำนวนพนักงานจากสองสายการผลิตของก่อนปรับปรุงการทำงาน (สายการผลิตละ 2 คน) เป็นหนึ่งสายการผลิต ของหลังปรับปรุงการทำงานที่มีจำนวนพนักงาน 4 คน เพื่อเป็นการคงจำนวนพนักงานเดิมไว้ ลดการจ้างงานเพิ่ม โดยที่โรงงานได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกด้วย

5.4 สรุปผลการประเมินการปรับปรุงการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้น

จากปัญหาพนักงานมีท่าทางการทำงานไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ดังหัวข้อที่ 4.3.3 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการทำงานด้วยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ และออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน มาใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ทำให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ซึ่งช่วยให้สามารถลดค่าความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ ที่เป็นสาเหตุของการเกิดการบาดเจ็บเรื้อรังลงได้ โดยแสดงผลการปรับปรุงดังนี้

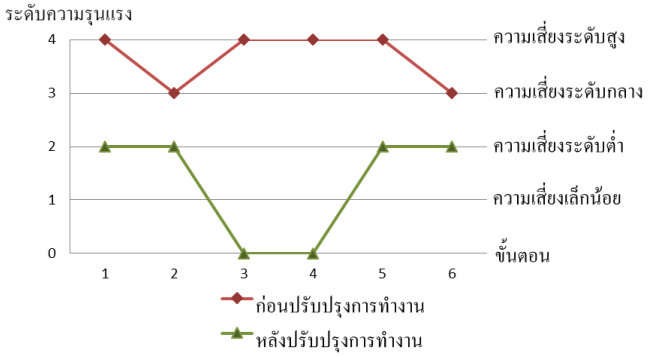
(1) จากปัญหาที่พนักงานมีท่าทางในการยืนไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ขณะทำงาน โดยพนักงานมีการเอียงตัว งอเข่า และก้มตัว งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของแผงวุ้นเส้น เครื่องชั่ง ให้มีระยะห่างจากพนักงานอยู่ในช่วงพื้นที่ทำงานของแขน ช่วยลดการเอื้อมแขน และจัดวางก้อนวุ้นเส้นให้มีความสูงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ช่วยลดการก้มตัวขณะทำงาน ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาลงได้

(2) จากปัญหาที่พนักงานมีการยกแขนและไหล่ เกร็งและบิดข้อมือ ขณะทำงาน งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรง ในขั้นตอนการทำงานที่มีการออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อ ยกแขนและไหล่ สามารถลดการทำงานของกล้ามเนื้อลง ส่งผลให้การบาดเจ็บเรื้อรังที่เกิดขึ้นลดลงได้

(3) จากปัญหาที่พนักงานมีการออกแรงนิ้ว ในการบีบจับวุ้นเส้นขณะทำการพับ ม้วน และกด ในการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ เกร็งและบิดข้อมือขณะทำงาน ส่งผลให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บที่นิ้ว มือ และข้อมือเรื้อรัง งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดแรง ในขั้นตอนการทำงานที่มีการออกแรงเกร็งกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องนี้ สามารถลดการทำงานของกล้ามเนื้อลง ส่งผลให้การบาดเจ็บเรื้อรังที่เกิดขึ้นลดลงได้

(4) จากปัญหาที่มีการจัดวางตำแหน่งวัสดุอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม ตามระยะพื้นที่ทำงานที่พนักงานสามารถทำงานได้ ส่งผลให้พนักงานต้องเอื้อมแขน งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของแผงวุ้นเส้น เพื่อให้มีระยะห่างจากพนักงานอยู่ในช่วงพื้นที่ทำงานของแขน ลดการเอื้อมแขน ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาลงได้

(5) จากปัญหาทางการยศาสตร์ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ที่มีค่าความเสี่ยงโดยวิเคราะห์จาก RULA ท่าทางส่วนมากอยู่ที่ระดับ 4 คือ มีปัญหาทางการยศาสตร์ต้องแก้ไขทันที ซึ่งหลังปรับปรุงการทำงาน ค่าความเสี่ยงลดลงเหลืออยู่ที่ระดับ 2 คือ ติดตามวัดผลแสดงดังภาพที่ 5.9



ภาพที่ 5.9 เปรียบเทียบค่าความเสี่ยงระหว่างก่อนและหลังปรับปรุงการทำงาน

(6) จากการนำอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงมาใช้ ช่วยให้เวลาในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ลดลงจาก 6.7 วินาที เป็น 3 วินาที ส่งผลให้งานในสถานีเสร็จเร็วขึ้น จึงรวมสองสายการผลิตให้เป็นหนึ่งสายการผลิต และจัดตำแหน่งงานใหม่ ให้การทำงานในแต่ละขั้นตอนสามารถทำไปพร้อมกันได้ แก่พนักงานทั้ง 4 คน (จากสองสายการผลิต) ทำให้เวลาการทำงานในหนึ่งรอบลดลงจาก 4.35 วินาที เป็น 4 วินาที คิดเป็นร้อยละ 8.05 ส่งผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.75 หรือมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 230 ห่อ ต่อหนึ่งวันการผลิต (4 ชั่วโมง) ภายหลังการปรับปรุงการทำงาน พนักงานอาจมีปัญหาจากการทำงานซ้ำเป็นเวลานาน ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาการทำงานซ้ำเป็นเวลานาน จึงควรให้พนักงานทั้ง 4 คน ได้ทำงานครบทุกตำแหน่ง ด้วยการให้พนักงานเปลี่ยนหน้าที่การทำงาน โดยการหมุนไปทำงานในตำแหน่งของพนักงานคนถัดไปที่อยู่ทางขวามือ ในระยะเวลาการทำงานทุก 1 ชั่วโมง หรือตามความเหมาะสมในขณะปฏิบัติงาน

จากการปรับปรุงการทำงาน ด้วยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของวัสดุและอุปกรณ์ และออกแบบอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน มาใช้ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ เมื่อวิเคราะห์จากท่าทางการทำงานของมือซ้าย มือขวา และลำตัว ในหัวข้อที่ 4.7.2 เห็นได้ว่าหลังปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงติดตามวัดผล ในขณะที่ก่อนปรับปรุงการทำงาน ขั้นตอนการทำงานส่วนใหญ่อยู่เริ่มมีปัญหาถึงมีปัญหา ต้องได้รับการปรับปรุงงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ทันที ดังนั้นจากการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน และช่วยเพิ่มผลผลิตขึ้นร้อยละ 8.75 อีกด้วย

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำวิธีทางการยศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และทำการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ให้มีค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์และการบาดเจ็บลดลง เนื่องจากปัจจุบันพนักงานมีท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บเรื้อรัง โดยงานวิจัยนี้นำแผนภูมิการทำงานของมือซ้ายและมือขวามาบันทึกการทำงานของพนักงาน และประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี RULA ผลการวิเคราะห์พบว่าลักษณะงานของพนักงานในปัจจุบัน มีค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยรวมอยู่ระดับ 4 หมายถึง มีปัญหาด้านการยศาสตร์ควรปรับปรุงแก้ไขทันที อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานดังนี้

- เปลี่ยนท่าทางการทำงานของพนักงาน ด้วยการปรับเปลี่ยนการจัดวางตำแหน่งของแผงวุ้นเส้น ก้อนวุ้นเส้น และเครื่องชั่ง ให้มีระยะอยู่ในช่วงทำงานของแขน เพื่อลดปัญหาการเอื้อมและก้มตัวขณะทำงาน

- สร้างอุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงาน เพื่อลดการออกแรงของพนักงานในขั้นตอนการพับ ม้วน และบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ขั้นตอนการทำงานของพนักงานลดลงจาก 6 ขั้นตอน คือ หยิบ ชั่ง พับ ม้วน บรรจุ และตัดแต่งเศษวุ้นเส้น ตามลำดับ เหลือ 4 ขั้นตอน คือ หยิบ ชั่ง บรรจุ และตัดแต่งเศษวุ้นเส้น ตามลำดับ

- รวมสองสายการผลิตให้เป็นหนึ่งสายการผลิต และจัดตำแหน่งงานใหม่ให้การทำงานในแต่ละขั้นตอนสามารถทำไปพร้อมกัน ส่งผลให้เวลาการทำงานในหนึ่งรอบลดลงจาก 4.35 วินาที เป็น 4 วินาที คิดเป็นร้อยละ 8.05 ส่งผลให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.75 หรือมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 230 ห่อ ต่อหนึ่งวันการผลิต (4 ชั่วโมง)

- หนึ่งสายการผลิตหลังปรับปรุงการทำงาน มีพนักงานจำนวน 4 คน โดยพนักงานทั้ง 4 คน มีการเปลี่ยนหน้าที่การทำงานด้วยการหมุนไปทำงานในตำแหน่งของพนักงานคนถัดไปที่อยู่ทางขวามือ เพื่อลดภาระงานของพนักงาน และแก้ปัญหาการทำงานซ้ำเป็นเวลานาน

หลังปรับปรุงการทำงาน พบว่าผลการประเมินการปรับปรุงการทำงานของพนักงานมีค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์โดยรวมอยู่ระดับ 2 หมายถึง ควรพิจารณาและติดตามวัดผล ซึ่งค่าที่ได้ลดลงเมื่อเทียบกับผลการประเมินก่อนปรับปรุงการทำงาน ดังนั้นจากการปรับปรุงการทำงานในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ช่วยให้พนักงานมีท่าทางการทำงานที่เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์มากยิ่งขึ้น ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาทางการยศาสตร์ ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บของพนักงาน และช่วยเพิ่มผลผลิตขึ้นร้อยละ 8.75 อีกด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลของการประเมินค่า RULA เป็นค่าที่หาได้จากพนักงานที่แบ่งระดับความสูงออกเป็นสามระดับ คือ 149, 157 และ 165 เซนติเมตร แล้วทำการทดสอบค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ RULA ของแต่ละระดับความสูง โดยใช้จำนวนตัวอย่างพนักงานระดับความสูงละสามคน ดังนั้นการประเมินค่า RULA จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ควรมีการเพิ่มจำนวนตัวอย่างพนักงานในแต่ละระดับความสูงให้มากขึ้น เนื่องจากพนักงานที่ระดับความสูงเดียวกันอาจมีสัดส่วนความยาวของอวัยวะ เช่น แขน, ขา และหลัง ที่แตกต่างกันได้

2. ในการประเมินค่าความเสี่ยงทางการยศาสตร์ทั้งก่อนและหลังปรับปรุงการทำงานสามารถทำให้แม่นยำขึ้นด้วยการเพิ่มเครื่องมือการประเมินทางการยศาสตร์ หรือโปรแกรมช่วยวัดค่าความเสี่ยงในรูปแบบอื่นเข้ามาช่วย

3. ข้อควรระวังในขั้นตอนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ควรเลือกใช้กระบอกลมที่มีแรงดันสูง เพื่อป้องกันก้อนวุ้นเส้นติดที่ทรงกระบอกเรียว ซึ่งส่งผลให้วุ้นเส้นไม่สามารถถูกดันลงบรรจุภัณฑ์ได้ ทั้งนี้การดันวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ ต้องระวังแรงดันลมภายในบรรจุภัณฑ์ ที่จะทำให้บรรจุภัณฑ์เกิดการฉีดขาด จึงควรมีท่อลมเพื่อช่วยลดแรงดันภายในบรรจุภัณฑ์ ขณะเกิดการดันวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์

4. ปัญหาทางการยศาสตร์ของพนักงานก่อนปรับปรุงการทำงาน ในกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์สามารถยุติได้ โดยการยุติภาระงานทั้งหมดของพนักงาน แล้วย้ายพนักงานไปทำในตำแหน่งงานอื่น ทั้งนี้แก้ไขด้วยการให้อุปกรณ์ช่วยลดการออกแรงในการทำงานสามารถทำงานได้ครอบคลุมตลอดทั้งกระบวนการบรรจุวุ้นเส้นลงบรรจุภัณฑ์ โดย

- เพิ่มระบบสายพานลำเลียงวุ้นเส้นเข้าสู่กระบวนการบรรจุ
- เพิ่มระบบเปิดปากบรรจุภัณฑ์และตัดปลายวุ้นเส้นอัตโนมัติ

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

น.ต.สุทธิ์ ศรีบูรพา, (2540), “เออร์กอนอมิกส์: วิศวกรรมมนุษยปัจจัย”, หน้า24.

บทความวารสาร

D. Beevis, (2003), “Ergonomics-Costs and Benefits Revisited”, Applied Ergonomics, vol.34, pp. 491-496.

H.W. Hendrick, (2003), “Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success”, Applied Ergonomics, Vol.34, pp.419-427.

K. Pookit and C. Rupuwan, (2011), “Design and improvement of works, work stations and environment in the processes of arc stack medium using ergonomics principles”, Conferences Network Engineering.

P. Jaiban, V. Suttakorn and T. Krawthammanukun, (2013), “Ergonomic Factors and Work-related Musculoskeletal Disorders among Hospital Supporting Staffs Working with Computers”, Nursing Journal, Vol.40.

K. Garmer, L. Sperling and A. Forsberg, (2002), “A hand-ergonomics training kit: development and evaluation of a package to support improved awareness and critical thinking”, Applied Ergonomics, vol.33, pp.39-49.

B. S. Joseph, (2003), “Corporate ergonomics programme at Ford Motor Company”, Applied Ergonomics, vol.34, pp.23-28.

K. Boonseng and T. Rattanakung, (2011), “The risk evaluation of musculoskeletal disorder in EM ball process using ergonomics approach”, Conferences Network Engineering, October.

V. Maktharak, V. Sethatonh and M. Rungpadap, (2011), “The engineering design by decision from assessment condition work trend production of pineapple stirs for Parbag Mae Ban group”, The 4 th National Conference on Technical Education, July.

N. Öztürk and M. N. Esin, (2011), “Investigation of musculoskeletal symptoms and ergonomic risk factors among female sewing machine operators in Turkey”, International Journal of Industrial Ergonomics, vol.41, pp.585-591.

P. L. Jensen, (2002), “Human factors and ergonomics in the planning of production”, International Journal of Industrial Ergonomics, vol.29, pp.121-131.

H-Y. K. Cheng, C-Y. Cheng and Y-Y. Ju, (2013), “Work-related musculoskeletal disorders and ergonomic risk factors in early intervention educators”, Applied Ergonomics, vol.44, pp.134-141.

McAtamney, L. and Corlett, (1993), “RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. Applied Ergonomics”, vol.24(2), pp.91-99.

วิทยานิพนธ์

W. Lamlaksakul, S. Talabkaew, N. Sangsai and S. Bangsarantip, (2007), “Design for laminated bamboo furniture using ergonomics method”.

S. Pangsesank, (2009), “Ergonomic Problems and Risk Factors of Farmers in Sriwichai Subdistrict Wanon Niwat District of Sakon Nakhon Province”.

T. Bubpa, (2005), “Workstation improvement utilizing principles of ergonomics: a case study of a plastic production factory”.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

Anthropometry and Biomechanics, http://msis.jsc.nasa.gov/section/section03.html

ภาคผนวก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย พงศ์ธร สุราวุฒิ์
วันเดือนปีเกิด	5 พฤศจิกายน 2533
ตำแหน่ง	-
ทุนการศึกษา (ถ้ามี)	-

ผลงานทางวิชาการ

การปรับปรุงวิธีการทำงานของพนักงานบรรจุวุ้นเส้นโดยประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์