การออกแบบระบบการทำงานอัตโนมัติของกระบวนการผลิตชิ้นส่วน ชุดประกอบร่วมห้ามล้อรถบรรทุก

ศราวุฒิ ทองมะหา

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการงานวิศวกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ศราวุฒิ ทองมะหา ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย ศรีวิริยรัตน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา)

..... กรรมการ

(ดร. ฤฎูวัลย์ จันทรสา)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)

วันที่ 20 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา อาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมการทำวิจัย ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการดำเนินงานที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา รวมไปถึงคณะกรรมทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนาม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรมและสาขาวิชาอุตสาหการ ที่ประสิทธิ์ประสาทให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการศึกษาและนำมาใช้ในการทำวิจัยฉบับนี้

ขอขอบพระคุณบริษัทของผู้วิจัย ที่ให้ความร่วมมือและโอกาสในการปรับปรุงตามแนวทางการวิจัยฉบับนี้ ตลอดจนทีมงานในบริษัททุกท่านที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมศักดิ์ คุณแม่ทองสำริด ทองมะหา และ ภรรยาอันเป็นที่รักที่คอยสนับสนุน และกระตุ้นให้ผู้วิจัยเกิดความมุมานะในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลงได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการีบูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ศราวุฒิ ทองมะหา

59910270: สาขาวิชา: การจัดการงานวิศวกรรม; วศ.ม. (การจัดการงานวิศวกรรม)
คำสำคัญ: การออกแบบและติดตั้งระบบการผลิตอัตโนมัติ

ศราวุฒิ ทองมะหา: การออกแบบระบบการทำงานอัตโนมัติของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบร่วมห้ามล้อรถบรรทุก (A DESIGN OF AUTOMATIC OPERATIONS SYSTEM FOR TRUCK DRUM BRAKE PRODUCTION PROCESS) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: บรรหาญ ลิลา, Ph.D. 161 หน้า. ปี พ.ศ. 2561.

งานนิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและติดตั้งกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติในสายการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบร่วม Drum Brake เพื่อตอบสนองต่อนโยบายในการใช้เทคโนโลยีและลดต้นทุนการผลิตขององค์กร โดยการออกแบบสายการผลิตให้เป็นแบบเซลล์ และติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการนำชิ้นงานเข้าและออกจากเครื่องจักรแทนพนักงาน ผลการดำเนินงานพบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตจาก 557.96 บาท/ชิ้น ลงเหลือ 556.49 บาท/ชิ้น โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานพร้อมกับลดจำนวนพนักงานในสายการผลิตจาก 8 คน/วัน เหลือ 2 คน/วัน ภายใต้ผลตอบแทนการลงทุนประเมินจากดัชนี NPV และ IRR เท่ากับ 1,678,119 บาท และร้อยละ 34.81 ตามลำดับซึ่งคาดว่าจะคืนทุนภายใจ 2.5 ปี จึงสรุปได้ว่าการวิจัยนี้ช่วยนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญและสามารถใช้เป็นแนวทางในดำเนินการในลักษณะเดียวกันได้ต่อไป

59910270: MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT; M.Eng. (ENGINEERING MANAGEMENT)
KEYWORDS: DEDIGN AND INSTALL AUTOMATIC SYSTEM
SARAWUT THONGMAHA: A DESIGN OF AUTOMATIC OPERATIONS SYSTEM FOR TRUCK DRUM BRAKE PRODUCTION PROCESS. ADVISORY COMMITTEE: BANHAN LILA, Ph.D. 161 P. 2018.

This research presents a design and an installation of the automatic production process that produces parts for the Drum Brake set, in order to fulfill the technology implementation and production cost reduction policy of the organization. The production cell production line was designed and the operators was replaced by installing the robotic arm to perform the loading and unloading of parts into and out of the machines, respectively. The actual implementation has led to the reduction of production cost from 557.96 to 556.49 baht per unit without effect on quality, and the decrement of operators from 8 to 2 persons. The NPV and IRR of the investment are expected to be 1,678,119 baht and 34.81%, respectively, with an estimated payback period of 2.5 years. Therefore, it can be concluded that this research could lead to significant reduction of the unit cost of production and could be seen as a demonstration of how to employ technology in other similar situations.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

ขั้นตอนการวิจัย 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

หุ่นยนต์และประเภทของหุ่นยนต์ 5

ส่วนประกอบและโครงสร้างของหุ่นยนต์ 9

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิดแขนกล 11

การโปรแกรมหุ่นยนต์โดยวิธีการสอน 13

การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ 20

การทำงานแบบอัตโนมัติ และการจัดสายการผลิตแบบเซลลูลาร์ 21

ต้นทุนการผลิต และการวิเคราะห์โครงการลงทุน 23

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

3 วิธีดำเนินการวิจัย 32

ขั้นตอนการดำเนินงาน 32

ศึกษากระบวนการผลิต 35

เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และบ่งชี้ปัญหา 37

วิเคราะห์สาเหตุและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง 49

ขั้นตอนการดำเนินงาน 51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

4 ผลการวิจัย 72

การดำเนินงานปรับปรุงไลน์การผลิตและติดตั้งหุ่นยนต์สำหรับผลิตชิ้นงาน 72

การกำหนดสัญญาณควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต 75

การสอนงานหุ่นยนต์ และการโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ 79

การทดลองและสรุปผลการใช้งานโปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์ 82

การวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทน 103

5 อภิปรายและสรุปผล 111

สรุปผลการดำเนินงาน 111

อภิปรายผลการดำเนินงาน 113

ข้อเสนอแนะ 115

บรรณานุกรม 116

ภาคผนวก 119

ภาคผนวก ก 120

ภาคผนวก ข 151

ภาคผนวก ค 153

ประวัติย่อของผู้วิจัย 161

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3-1	ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง	38
3-2	ปริมาณสั่งซื้อชิ้นงานตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560	38
3-3	เวลาการทำงานของเครื่องจักรในรอบการผลิต	39
3-4	กิจกรรมการทำงานและเวลามาตรฐานการทำงานปัจจุบัน	43
3-5	ความสัมพันธ์ของต้นทุนและปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต	50
3-6	สรุปรูปแบบแนวความคิดการออกแบบพื้นที่ไลน์การผลิต	55
3-7	การคัดเลือกรูปแบบพื้นที่ไลน์การผลิตในการปรับปรุง	56
3-8	ความสัมพันธ์กิจกรรมการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และพนักงาน	61
4-1	การติดตั้งระบบอัตโนมัติในสายการผลิต	72
4-2	ชื่อสัญญาณเครื่องจักรในระบบควบคุม	75
4-3	ชื่อสัญญาณอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบควบคุม	77
4-4	โปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อยควบคุมการทำงาน	80
4-5	เวลากิจกรรมการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และพนักงาน	85
4-6	บันทึกผลการผลิตหลังการติดตั้งหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต	92
4-7	ยอดการผลิตเดือนกุมภาพันธ์ 2561	94
4-8	บันทึกผลการผลิตหลังการปรับปรุงการทำงานหุ่นยนต์ครั้งที่ 2	100
4-9	ยอดการผลิตเดือนมีนาคม 2561	102
4-10	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต	103
4-11	พยากรณ์ยอดการสั่งซื้อชิ้นงานตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561	104
4-12	ตารางเปรียบเทียบต้นทุนชิ้นงาน ก่อน-หลัง การติดตั้งหุ่นยนต์	107
4-13	กระแสเงินสดของโครงการหลังการปรับปรุง	108
4-14	วิเคราะห์โครงการลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ	109
4-15	ระยะเวลาคืนทุน	110

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	Cartesian robot หรือ Gantry robot	6
2-2	Spherical robot หรือ Polar robot	7
2-3	Cylindrical robot	7
2-4	Scara robot	8
2-5	Articulated robot	8
2-6	Parallel robot หุ่นยนต์คู่ขนาน หรือ Delta robot	9
2-7	Spine robot หรือ หุ่นยนต์งู	9
2-8	องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์	12
2-9	ข้อต่อหรือ Joint ของหุ่นยนต์และชื่อเรียก	13
2-10	Teach pendant หุ่นยนต์ยี่ห้อ Yaskawa	14
2-11	Operation switch บน Programming pendant ยี่ห้อ Yaskawa	15
2-12	รายละเอียดของ Touch panel บน Teach pendant ยี่ห้อ Yaskawa	15
2-13	รายละเอียดของ Optimal key บน Teach pendant ยี่ห้อ Yaskawa	16
2-14	รูปลักษณะการเคลื่อนในระบบพิกัดต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ ยี่ห้อ Yaskawa	18
2-15	รูปลักษณะการเคลื่อนด้วยคำสั่ง MOVC และ MOVS	19
2-16	รูปตัวอย่างการเขียนโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์	20
2-17	รูปตัวอย่างการจำลองไลน์การผลิตด้วยโปรแกรม Simulation	21
2-18	การผลิตแบบสายการผลิตเดี่ยวกับแบบ Cellular	23
3-1	แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน	33
3-2	ขั้นตอนกระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบร่วม Drum brake	35
3-3	Jig fixture OP1-1, OP1-2 และกระบวนการแมชชีน OP1-1 และ OP1-2	36
3-4	Jig fixture OP-2 และกระบวนการแมชชีน OP-2	37
3-5	Jig fixture OP-3 และกระบวนการแมชชีน OP-3	37
3-6	กราฟแสดงเวลาการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูปใน 1รอบกระบวนการผลิต	40
3-7	กราฟเปรียบเทียบกำลังการผลิตกับปริมาณสั่งซื้อจากลูกค้า	41
3-8	ความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตระหว่างพนักงานและเครื่องจักร คนที่-1	44
3-9	ความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตระหว่างพนักงานและเครื่องจักร คนที่-2	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

3-10 เป้าหมายต้นทุนกระบวนการผลิต 49
3-11 แผนผังก้างปลาแสดงเหตุและผล 50
3-12 แผนผังไลน์การผลิต (Layout) ก่อนการปรับปรุง 53
3-13 แนวความคิดการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 1 52
3-14 แนวความคิดการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 2 53
3-15 แนวความคิดการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 3 54
3-16 ระยะการทำงานของหุ่นยนต์ Yaskawa MH110 เทียบกับระยะแผนผังไลน์การผลิต 57
3-17 Jig machine และตำแหน่งจับยึดชิ้นงานที่พิจารณาในการออกแบบกริปเปอร์ 58
3-18 ลักษณะกริปเปอร์ของหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต 59
3-19 ลักษณะรางลำเลียงชิ้นงาน 60
3-20 ลักษณะรั้วกั้นพื้นที่ไลน์การผิดและลักษณะอุปกรณ์ป้องกันอันตราย 60
3-21 ความสัมพันธ์การทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับเครื่องจักร 63
3-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์การทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับเครื่องจักร 64
3-23 ตำแหน่งอ้างอิงการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ 68
3-24 แผนผังโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ 69
4-1 ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในการผลิต 83
4-2 แผนภูมิการทำงานระหว่าง หุ่นยนต์ เครื่องจักร และพนักงานในสายการผลิต 87
4-3 ภาพขยายแผนภูมิการทำงานระหว่าง หุ่นยนต์ เครื่องจักร และ พนักงาน 88
4-4 ลำดับโปรแกรมควบคุมการทำงานหลังปรับปรุงครั้งที่ 2 96
4-5 เปรียบเทียบไลน์การผลิตปัจจุบันหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และ 2 99

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นอุตสาหกรรมในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบัน และเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าการลงทุนสูง โดยเฉพาะในภาคตะวันออกที่ได้ชื่อว่า เป็นฐานการผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์ และชิ้นส่วนยานยนต์ของประเทศ ประกอบกับการที่ภาคตะวันออกมีท่าเรือน้ำลึกที่เป็นเส้นทางการส่งออกสินค้า และการบริการจึงทำให้การภูมิภาคนี้ เป็นที่สนใจของนักลงทุนทั้งภายในและภายนอกประเทศ จากข้อมูลการผลิตรถยนต์ในปี พ.ศ. 2557-2560 พบว่ามียอดการผลิตเพิ่มขึ้นโดยประมาณ 64,400 คัน/ปี คิดเป็นอัตราส่วน 3.43% และมีมูลค่าการส่งออกสูงคิดเป็นเงิน 891,798 ล้านบาท (สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2560) ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่า อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย

การพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐบาลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยแบ่งตามวาระและช่วงเวลาของเศรษฐกิจเป็น 3 ระยะ ได้แก่ “ระยะแรก” เป็นการส่งเสริมการผลิตรถยนต์ทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ “ระยะกลาง” เป็นการส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และ “ระยะปัจจุบัน” ส่งเสริมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, 2599) นโยบายที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลจะช่วยให้เกิดการกระตุ้นทางเศรษฐกิจในด้านการค้า และการลงทุนในอุตสาหกรรมยานยนต์ มาตราการส่งเสริมการลงทุนของรัฐบาลที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมรถยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในปัจจุบัน เช่น โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (Eastern economic corridor: EEC) เพื่อพัฒนาการลงทุนใน 3 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นพื้นที่ลงทุนของอุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ อีกทั้งยังเป็นพื้นที่เขตการพัฒนาสร้างศูนย์ทดสอบยานยนต์และยางล้อแห่งชาติ ที่จะช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งของอุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์ไทยในอนาคต (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560)

ในยุคการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อตอบรับกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทย ให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืนแล้ว (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรี, 2560) การผลักดันกระบวนการผลิตให้มีศักยภาพสูงขึ้น โดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมสมัยใหม่ในการผลิตเป็นสิ่ง

สำคัญในการเตรียมพร้อมกับการแข่งขันทั้งภายในประเทศและนอกประเทศ การศึกษาการลงทุนของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมยานยนต์และผู้ผลิตชิ้นส่วน เพื่อตอบสนองกับนโยบายของรัฐบาลจึงมีความสำคัญ เนื่องจากการลงทุนในด้านเทคโนโลยี และนวัตกรรมต้องใช้เงินทุนจำนวนมาก หากเทคโนโลยีที่นำมาใช้ไม่สามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนได้แล้ว ก็ย่อมจะส่งผลเสียต่อธุรกิจและไม่สามารถขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศได้ตามเป้าหมาย

หุ่นยนต์ถือได้ว่าเป็นนวัตกรรมสมัยใหม่ ที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นจำนวนมากเพื่อทดแทนแรงงานคนในการผลิต หรือถูกนำไปใช้งานที่มีลักษณะขั้นตอนหรือกระบวนการซ้ำ ๆ งานที่มีความเสี่ยงด้านคุณภาพหรือความปลอดภัย งานที่เกิดความผิดพลาดได้ง่าย อีกทั้งยังถูกนำไปใช้ร่วมกับแรงงานคนเพื่อลดภาระการทำงานหรือความเมื่อยล้าที่เกิดขึ้น การเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดชิ้นส่วนประกอบร่วม Drum brake ด้วยการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา นอกจากจะเป็นการตอบสนองนโยบายของบริษัทแล้วยังมีจุดประสงค์และเป้าหมายที่สำคัญในการแก้ปัญหาจากสภาพการผลิตปัจจุบัน อันได้แก่ ปัญหาต้นทุนการผลิตสูงเนื่องจากรูปแบบการผลิตในสภาพปัจจุบันใช้แรงงานรวมทั้งสิ้น 8 คน แบ่งเป็นพนักงานกะเช้าจำนวน 4 คน และพนักงานกะดึก 4 คน เพื่อควบคุมเครื่องจักรและตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานจำนวน 4 เครื่อง โดยมีกำลังการผลิตรวม 14 ชิ้นต่อชั่วโมง

นอกจากนี้ยังพบว่า ปัญหาความเมื่อยล้าของพนักงานจากขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่ต้องยกชิ้นงานน้ำหนัก 12.5 กิโลกรัมต่อชิ้น ในการนำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร จำนวน 6 ครั้ง หรือสามารถคำนวณเป็นตัวเลขน้ำหนักได้ถึง 75 กิโลกรัม ต่อการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูป 1 ชิ้น หรือรอบการผลิตทุก ๆ 8 นาที 17 วินาที จากการสังเกตุและสัมภาษณ์พนักงานพบว่า พนักงานมีอาการปวดหลังและกล้ามเนื้อช่วงแขนหลังจากทำงานไปได้ระยะหนึ่ง และจากการวิเคราะห์งานทางการยศาสตร์ โดยใช้แบบประเมิน RULA (Rapid upper limb assessment) ที่ถูกออกแบบสำหรับการประเมินระดับปัญหาทางการยศาสตร์ พบว่ามีระดับคะแนนอยู่ในช่วง 5-6 คะแนน ซึ่งบ่งบอกได้ว่ากระบวนการผลิตในปัจจุบันส่งผลให้เกิดความเมื่อยล้าในการทำงาน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุของปัญหาด้านคุณภาพ และประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลง ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่อบริษัทโดยปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตปัจจุบันคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 0.3% ของการผลิตทั้งหมด ซึ่งความเมื่อยล้าจากการทำงานของพนักงานอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของปัญหาที่เกิดขึ้นก็เป็นได้

อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิต โดยใช้หุ่นยนต์หรือระบบออโตเมชั่น (Automation) จำเป็นต้องศึกษากระบวนการผลิตให้เข้าใจ และต้องปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักร เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับการทำงานของหุ่นยนต์เสียก่อน ซึ่งหากเป็นการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีเพียงด้านเดียวโดยปราศจากการศึกษาและตรวจสอบให้เหมาะสมกับ

กระบวนการผลิตชิ้นงานแล้ว การลงทุนด้วยระบบออโตเมชั่นหรือการนำหุ่นยนต์มาใช้เพื่อการผลิตจะเป็นการลงทุนที่สูญเปล่า

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดชิ้นส่วนประกอบร่วม Drum brake ด้วยการปรับปรุงสายการผลิต และพื้นที่การทำงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาช่วยในการผลิตร่วมกับการทำงานของพนักงาน เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และศึกษาผลตอบแทนของโครงการในเชิงเศรษฐศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการติดตั้งหุ่นยนต์ สำหรับทำหน้าที่จับชิ้นงาน (เหล็กหล่อ) เข้าและออก จากเครื่องจักร CNC ในกระบวนการแมชชีนตามแบบชิ้นงานของลูกค้า ทั้งนี้มีจุดประสงค์ย่อยในการดำเนินงานดังนี้

1. ออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์ร่วมกับเครื่องจักร CNC จำนวน 4 เครื่อง
2. ออกแบบพื้นที่ไลน์การผลิตใหม่ให้สอดคล้องกับระยะการทำงานของหุ่นยนต์
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนติดตั้งหุ่นยนต์ในเชิงเศรษฐศาสตร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. สามารถออกแบบการทำงานอัตโนมัติของไลน์การผลิตได้
2. สามารถลดต้นทุนกระบวนการผลิตได้
3. สามารถลดปัญหาด้านสุขภาพของพนักงานจากกระบวนการทำงานได้
4. สร้างความสม่ำเสมอของคุณภาพ และความพึงพอใจของลูกค้าได้

ขอบเขตของการวิจัย

ปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบร่วม Drum brake โดยการใช้หุ่นยนต์ช่วยในการผลิต ระยะเวลาในการดำเนินงานโดยประมาณ 6 เดือน เริ่มตั้งแต่ เดือนกันยายน 2560 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2561

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบ Drum brake
2. เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และบ่งชี้ปัญหา
3. ศึกษาข้อมูลและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง
4. ออกแบบกระบวนการทำงาน เครื่องมือและอุปกรณ์สนุบสนุนการผลิต
5. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลตอบแทนการลงทุน
6. ติดตั้งและทดลองระบบการทำงานอัตโนมัติ
7. สรุปผลการดำเนินการติดตั้ง และประเมินผลด้านเศรษฐศาสตร์

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันหุ่นยนต์เป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเป็นจำนวนมาก เนื่องจากปัญหาต้นทุนแรงงานที่ปรับตัวสูงขึ้น ประกอบกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีคุณภาพ งานวิจัยนี้จึงเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตของชิ้นงานชุดประกอบร่วม Drum brake โดยการนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรมประเภทแขนกลมาใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งการใช้งานและออกแบบการทำงานของหุ่นยนต์ ต้องอาศัยทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หุ่นยนต์และประเภทของหุ่นยนต์
2. ส่วนประกอบและโครงสร้างของหุ่นยนต์
3. หุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิดแขนกล (Articulated robot)
4. การโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยวิธีการสอน
5. การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์
6. การทำงานแบบอัตโนมัติ และการจัดสายการผลิตแบบเซลลูลาร์ (Cellular)
7. ต้นทุนการผลิต และการวิเคราะห์โครงการลงทุน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หุ่นยนต์และประเภทของหุ่นยนต์

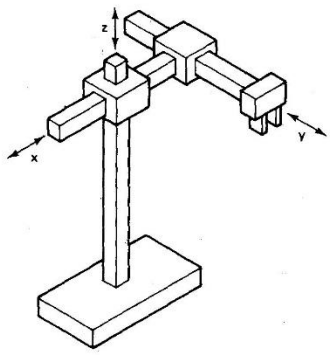
1. ความหมายของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่ทำงานด้วยการควบคุมแบบอัตโนมัติ มีลักษณะโครงสร้างการทำงานคล้ายหรือเสมือนมนุษย์ สามารถทำงานที่ซ้ำ ๆ และซับซ้อนได้ดี รวมทั้งสามารถทำงานในพื้นที่ความเสี่ยงหรืออยากลำบากที่มนุษย์ไม่สามารถทำงานได้ ซึ่งสถาบันหุ่นยนต์แห่งสหรัฐอเมริกา (The robotics institute of America) ได้ให้ความหมายของหุ่นยนต์ไว้ว่า หุ่นยนต์ คือ เครื่องจักรที่ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้หลากหลายหน้าที่ในการเคลื่อนย้ายวัตถุ ชิ้นส่วน เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ผ่านโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานแทนมนุษย์ได้ทุกประเภทที่มนุษย์ทำได้และไม่ได้ การทำงานของหุ่นยนต์เป็นแบบอัตโนมัติด้วยตนเอง หรือถูกควบคุมด้วยมนุษย์ และสามารถปรับเปลี่ยนการทำงานได้หลากหลายตามโปรแกรมควบคุม

2. ประเภทของหุ่นยนต์

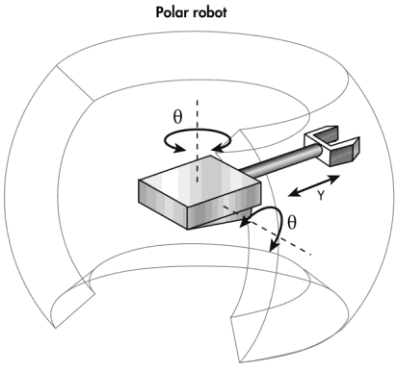
การจำแนกประเภทของหุ่นยนต์ สามารถแยกออกได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับการนำไปประยุกต์ใช้งาน หรือแยกตามคุณลักษณะเฉพาะของหุ่นยนต์ แต่หากแยกประเภทของหุ่นยนต์ตามลักษณะภายนอกแขนกลและการเคลื่อนที่แล้ว สามารถแยกประเภทของหุ่นยนต์ได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้ (บุญธรรม ภัทราจารุกุล, 2555)

2.1 Cartesian robot หรือ Gantry robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีพื้นที่การทำงานในลักษณะลูกบาศก์มีการเคลื่อนที่อยู่ 3 แกน คือ แกน X แกน Y และแกน Z รอยต่อระหว่างแกนเป็นแบบเลื่อน (Prismatic; P) ง่ายต่อการโปรแกรม มีความละเอียดแม่นยำในการทำงานสูง ใช้ในการหยิบจับและวางชิ้นงานเป็นหลัก



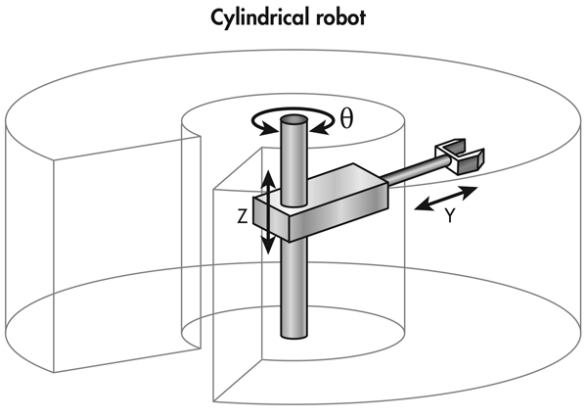
ภาพที่ 2-1 Cartesian robot หรือ Gantry robot (Genius Devils, 2013)

2.2 Spherical robot หรือ Polar robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อแบบหมุน (Revolute; R) จำนวน 2 ข้อต่อ และข้อต่อแบบเลื่อน (Prismatic; P) 1 ข้อต่อ ด้วยแกนหมุน 2 แกน และแกนเลื่อน 1 แกน ทำให้แขนหุ่นยนต์มีลักษะการเคลื่อนที่เป็นทรงกลม นิยมใช้ในงานจับยกและเคลื่อนย้ายสิ่งของ งานเชื่อมไฟฟ้า เป็นต้น



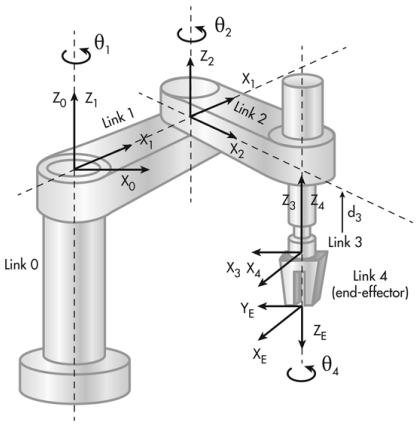
ภาพที่ 2-2 Spherical robot หรือ Polar robot (Carlos Gonzalez, 2016)

2.3 Cylindrical robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีข้อต่อแบบเลื่อน (Prismatic; P) จำนวน 2 ข้อต่อ และข้อต่อแบบหมุน (Revolute; R) 1 ข้อต่อ ด้วยแกนเลื่อน 2 แกน และแกนหมุน 1 แกน ทำให้มีพื้นที่ทำงานเป็นทรงกระบอก นิยมใช้ในงานประกอบชิ้นส่วนและเชื่อมจุด



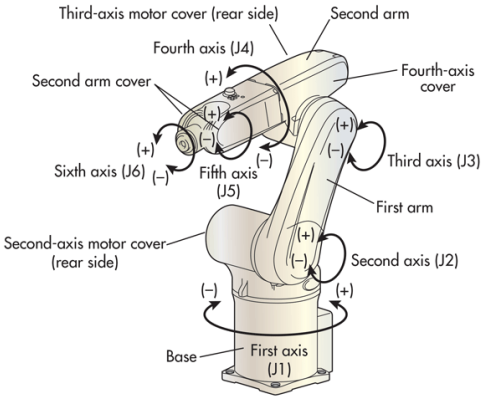
ภาพที่ 2-3 Cylindrical robot (Carlos Gonzalez, 2016)

2.4 Scara robot เป็นหุ่นยนต์ที่มีที่แกนหมุนต่อขนานกันเป็นแขนกลจำนวน 2 แกน ใช้ในงานหยิบจับและวางวัตถุ งานประกอบชิ้นส่วน และงานเครื่องมือทางกล



ภาพที่ 2-4 Scara robot (Carlos Gonzalez, 2016)

2.5 Articulated robot (Joint arm robots) เป็นหุ่นยนต์ที่ประกอบด้วยข้อต่อหมุน จำนวน 6 แกน การทำงานต่าง ๆ จะคล้ายกับมนุษย์ สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงและทางด้านข้างได้ นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถใช้งานได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับการทำโปรแกรมควบคุม



ภาพที่ 2-5 Articulated robot (Carlos Gonzalez, 2016)

2.6 Parallel robot หุ่นยนต์คู่ขนาน หรือ Delta robot หุ่นยนต์คู่ขนานจะเป็นโซ่กลไกแบบปิด ประกอบด้วยฐานที่เป็นแผ่นและประกอบด้วยแผ่น End effector ทางด้านบนโดยติดตั้งขาต่อที่เป็นตัวขับเคลื่อนแบบแกนต่อเลื่อน จำนวน 6 ตัว ผ่านข้อต่อ Universal joint โครงสร้างมีน้ำหนักเบา นิยมใช้กับงานในลักษณะบรรจุภัณฑ์ บรรจุยา และทางการแพทย์

ภาพที่ 2-6 Parallel robot หรือ Delta robot (ABB, 2012)

2.7 Spine robot หรือเรียกว่าหุ่นยนต์งู เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ไปมาคล้ายงู มีความซับซ้อนในการเขียนโปรแกรมควบคุมพิกัดตำแหน่ง สามารถทำงานในพื้นที่ที่ยากต่อการเข้าถึง นิยมนำไปใช้กับงานในพื้นที่คับแคบ หรืองานสำรวจพื้นที่

ภาพที่ 2-7 Spine robot หรือ หุ่นยนต์งู (Yayinlanma Tarihi, 2013)

ส่วนประกอบและโครงสร้างของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ที่ใช้ในระบบอุตสาหกรรมจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่

1. หน่วยทางกล (Mechanical unit) แขนกลของหุ่นยนต์ คือ หน่วยทางกล ซึ่งประกอบด้วย กรอบโครงสร้างที่ถูกออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นเพื่อรองรับก้านต่อ ข้อต่อทางกล และข้อต่อตัวขับเคลื่อน (Actuators) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วย ชุดอุปกรณ์เสริมวาล์วควบคุม

และเซนเซอร์ การออกแบบขนาดทางกายภาพและความสามารถในการรับน้ำหนักขึ้นอยู่กับความต้องการใช้งาน

2. แหล่งจ่ายพลังงาน (Power source) พลังงาน คือ ตัวกระตุ้นให้กับตัวขับเคลื่อนหุ่นยนต์ชนิดต่าง ๆ เช่น นิวเมติกส์ ไฮดรอลิกส์ มอเตอร์ไฟฟ้า และตัวควบคุมการทำงาน อุปกรณ์การขับหุ่นยนต์จะมีการรวมเครื่องกลเข้าด้วยกัน การเลือกใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ หุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าเป็นที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรม พลังงานไฟฟ้าทั้ง AC หรือ DC จะใช้เป็นแหล่งพลังงานขับเคลื่อนมอเตอร์ ตัวขับเคลื่อนทางกลและระบบควบคุม เนื่องจากสามารถตอบสนองต่อการควบคุมได้ดี และสร้างความปลอดภัยในกรณีฉุกเฉินได้ดีกว่าพลังงานในรูปแบบอื่น

3. ระบบควบคุม (Control system) เครื่องคอมพิวเตอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์แบบฝังตัว จะถูกใช้สำหรับการควบคุมหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทั้งหมดในปัจจุบัน ฟังก์ชั่นคำนวณการทำงานที่ต้องการ รวมทั้งการเชื่อมต่อสัญญาณกับ เซนเซอร์ กริปเปอร์ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ระบบจะประมวลผลด้วยฟังก์ชั่นหน่วยความจำ สำหรับการส่งสัญญาณไปยังโปรแกรมย่อย และกลุ่มของอุปกรณ์อื่น ๆ ด้วยการถ่ายโอนข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

นอกจากนี้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมสามารถทำงานได้ตามต้องการ โดยการเขียนโปรแกรมการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่

1. การควบคุมเส้นทางเดินแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point path) โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์และการควบคุมในลักษณะนี้ เป็นโปรแกรมที่จะเคลื่อนย้ายแขนกลจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งที่ไม่ต่อเนื่องกัน ตำแหน่งต่าง ๆ จะถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำควบคุม การควบคุมเส้นทางเดินแบบจุดต่อจุด นิยมใช้ในงานการหยิบจับ การเชื่อมจุด การเจาะรู และการประกอบ เป็นต้น

2. การควบคุมเส้นทางเดิน (Controlled path) ในการควบคุมเส้นทางเดินของหุ่นยนต์อุปกรณ์ควบคุมสามารถสร้างเส้นทางเดินหรือโหมดของการเคลื่อนที่ ที่มีรูปทรงทางเลขาคณิต เช่น เส้นตรง วงกลม หรือเส้นทางเดินแบบเส้นโค้งอินเตอร์โพเลตด้วยความแม่นยำสูง ทำให้แขนหุ่นยนต์สามารถเดินทางไปตามเส้นทางเดินที่กำหนดไว้ได้อย่างแม่นยำ เพียงแต่ต้องมีการกำหนดหน้าที่การทำงาน ซึ่งได้แก่ จุดเริ่มต้น จุดสิ้นสุด และเส้นทางเดินระหว่างจุด และทำการจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ หุ่นยนต์จะเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตามคำสั่งควบคุมด้วยความสามารถของระบบเซอร์โว เพื่อช่วยให้แน่ใจว่าปลายแขนของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางเดินและทิศทางที่กำหนดไว้ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

3. การควบคุมเส้นทางเดินอย่างต่อเนื่อง (Continuous path) ระบบการควบคุมเส้นทางเดินอย่างต่อเนื่องเป็นการควบคุมที่หุ่นยนต์ ถูกตั้งโปรแกรมให้ทำงานตามเส้นทางเดินที่ไม่ราบเรียบ

หรือเส้นทางเดินเส้นโค้งได้อย่างแม่นยำ การเดินทางของเส้นทางเดินภายในระบบการควบคุมจะแสดงด้วยจุดจำนวนมากในบริเวณใกล้เคียงกัน จุดเหล่านี้จะถูกจัดเก็บไว้ในหน่วยความจำของหุ่นยนต์ และหุ่นยนต์สามารถหยุดที่จุดเฉพาะเจาะจงจุดต่าง ๆ ตามเส้นทางเดิน เมื่อหุ่นยนต์อยู่ในโหมดการทำงานอัตโนมัติ หุ่นยนต์จะทำงานตามโปรแกรมซ้ำ ๆ ตามเส้นทางเดินที่กำหนดเหมือนกันทุก ๆ ครั้ง ระบบที่นำไปใช้ทำงานในลักษณะนี้ ได้แก่ การเชื่อมอาร์ก การพ่นสี และการขัดผิว เป็นต้น

สรุปส่วนประกอบของหุ่นยนต์

ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ที่สำคัญ มีรายละเอียดดังนี้

1. Actuator เป็นอุปกรณ์หรือชุดขับเคลื่อนเพื่อให้แขนกลหรือหุ่นยนต์เคลื่อนไหว ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า กระบอกสูบ เป็นต้น

2. Manipulators เป็นส่วนประกอบเพื่อช่วยเรื่องของระยะการเคลื่อนที่ ซึ่งประกอบด้วย แขน (Links) และข้อต่อ (Joints)

3. End effectors เป็นส่วนท้ายสุดของแขนกล ที่ไว้ใช้ในการทำงานต่าง ๆ เช่น มือจับสิ่งของ และอุปกรณ์ที่ใช้ในทางเทคนิคประเภทงานกัด กลึง และเชื่อม เป็นต้น

4. Sensor เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสถานะตำแหน่งหรือข้อมูลที่ต้องการ ว่าได้หรือไม่ เซนเซอร์อาจเทียบได้กับประสาทสัมผัสของมนุษย์

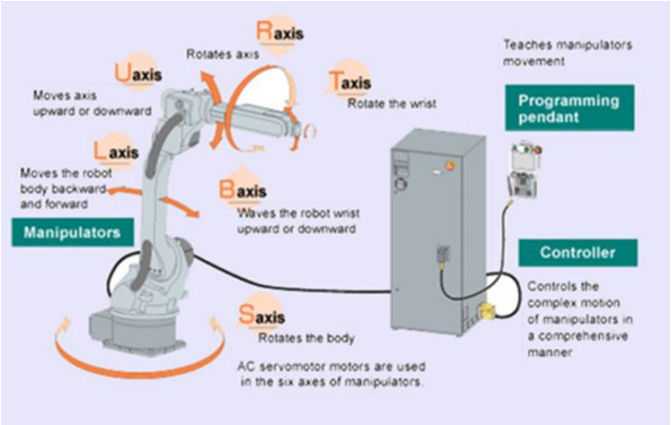
5. Power supply เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของแขนกล ไม่ว่าจะเป็นกระแสไฟฟ้าหรือวาล์วที่ใช้ควบคุมกระบอกสูบ

6. Controller เปรียบเสมือนสมองของมนุษย์ที่คอยควบคุมขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงานของระบบแขนกล โดยสั่งการไปยังชุดขับเคลื่อนเพื่อให้เป็นไปตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

7. Program เป็นการกำหนดขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำงานเพื่อให้ได้งานตามที่ต้องการ

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิดแขนกล (Articulated robot)

Articulate robot เป็นหุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสามารถทำงานได้หลากหลาย Articulate robot มีลักษณะโครงสร้างที่ถูกออกแบบมาให้มีลักษณะคล้ายคลึงกับแขนของมนุษย์ตั้งแต่ช่วงหัวไหล่ไหลลงไป เพื่อใช้ในการหยิบจับชิ้นงานในกระบวนการผลิต นอกจากนี้หุ่นยนต์ Articulate ยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงาน ในกระบวนการเชื่อมโลหะต่าง ๆ งานพ่นสีหรืองาน Spot gun และปัจจุบันหุ่นยนต์ชนิดนี้ได้รับการพัฒนาให้สามารถทำงานในกระบวนการ Machining



ภาพที่ 2-8 องค์ประกอบของระบบควบคุมหุ่นยนต์ (Modern Manufacturing, 2017)

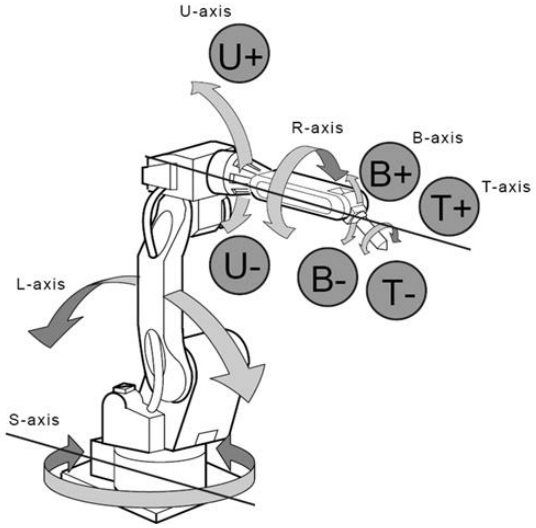
โครงสร้างตัวหุ่นยนต์ (Robot structure)

ตัวหุ่นยนต์ (Robot body/ Manipulator) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะเวลาที่เราจะพิจารณาเลือกใช้หุ่นยนต์ เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการผลิตจะต้องคำนึงถึงลักษณะของงาน พื้นที่ สิ่งแวดล้อม เนื่องจากตัวหุ่นยนต์นั้นเป็นส่วนที่ต้องนำมาใช้ในกระบวนการทำงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งลักษณะงานที่แตกต่างกัน ก็จะเป็นตัวบ่งบอกในเรื่องของขนาดโครงสร้างของตัวหุ่นยนต์ โครงสร้างของหุ่นยนต์ประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่

Link คือ โครงสร้างของหุ่นยนต์ที่เป็นท่อนแขน มีหน้าที่ในการเข้าสู่พื้นที่การทำงาน โดยความยาวของ Link จะเป็นตัวบ่งบอกสมรรถนะของตัวหุ่นยนต์ และความสามารถในการเข้าสู่พื้นที่การทำงาน หุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิด Articulate robot จะมี Link อยู่จำนวน 2 Link ดังนี้

1. Link ท่อนบน หรือ Upper link เป็นส่วนของท่อนแขนบนสำหรับเข้าสู่พื้นที่การทำงาน และเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับข้อมือของหุ่นยนต์สำหรับติดตั้งเครื่องมือ เช่น กริปเปอร์
2. Link ท่อนล่าง หรือ Lower link เป็นส่วนของท่อนแขนที่ทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักทั้งหมดที่เกิดขึ้นของตัวหุ่นทั้งหมด เป็นส่วนที่รองรับน้ำหนักของแขนท่อนบนและเชื่อมต่ออยู่กับฐาน (Base) ของหุ่นยนต์

Joint คือ โครงสร้างของหุ่นยนต์ส่วนที่เป็นข้อต่อที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อระหว่าง Link ของตัวหุ่นยนต์ และยังทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ให้สามารถเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ที่เราต้องการ ส่วนของ Joint คือ ส่วนที่ทำการติดตั้ง Servo motor โดยปกติแล้วหุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิด Articulate robot จะมีข้อต่อหรือ Joint ทั้งหมด 6 Joint หรือบางครั้งคนที่อยู่ในวงการการควบคุมหุ่นยนต์ มักเรียกว่าหุ่นยนต์ 6 แกน (6 Axis)



ภาพที่ 2-9 ข้อต่อหรือ Joint ของหุ่นยนต์และชื่อเรียก (Modern Manufacturing, 2017)

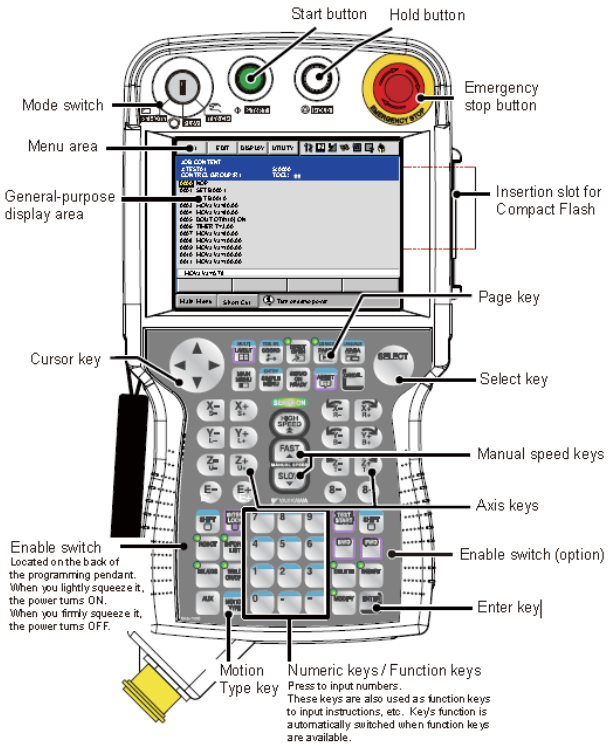
การโปรแกรมหุ่นยนต์โดยวิธีการสอน

หุ่นยนต์จะสามารถทำงานได้ต้อง ใช้อุปกรณ์ควบคุมหุ่นยนต์ หรือใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือใช้ทั้ง 2 ชนิด ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบ โดยมีเอกลักษณ์พื้นฐานอยู่ 2 ชนิด ที่ต้องการให้หุ่นยนต์เรียนรู้ คือ ข้อมูลตำแหน่ง และขั้นตอนการทำงาน โดยการสอนให้หุ่นยนต์เรียนรู้ตำแหน่งจากการเขียนโปรแกรม หรือการเขียนโปรแกรมให้หุ่นยนต์เรียนรู้ขั้นตอนการทำงาน

โปรแกรมประกอบด้วยคำสั่งแต่ละขั้นตอน ซึ่งมีทั้งตำแหน่งหรือหน้าที่การทำงานที่จะดำเนินการ พร้อมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น ความเร็ว ตำแหน่งระยะพิกัด สัญญาณของอุปกรณ์อินพุตและเอาต์พุต เป็นต้น เมื่อต้องการเขียนโปรแกรมหุ่นยนต์ จะต้องรู้ข้อมูลทางกายภาพหรือความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตระหว่างหุ่นยนต์และอุปกรณ์ต่าง ๆ หรืองานที่ต้องการใช้หุ่นยนต์ ซึ่งมีความจำเป็นในการควบคุมหุ่นยนต์ด้วยมือ และสอนให้เรียนรู้กายภาพและระยะพิกัด เพื่อที่จะต้องกำหนดข้อมูลการเขียนโปรแกรมทำงาน สำหรับการสอนงานหุ่นยนต์ให้ทำงานตามคำสั่งของผู้ใช้ สามารถทำได้โดยผ่านอุปกรณ์ควบคุมทีชเพนแดนต์ (Teach pendant) ซึ่งเป็นวิธีที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นการเขียนโปรแกรมจากการความต้องการใช้งานจริง และมีความแม่นยำสามารถแก้ไขพิกัดตำแหน่งได้ง่าย

1. อุปกรณ์ควบคุมและโปรแกรมหุ่นยนต์ (Teach pendant)

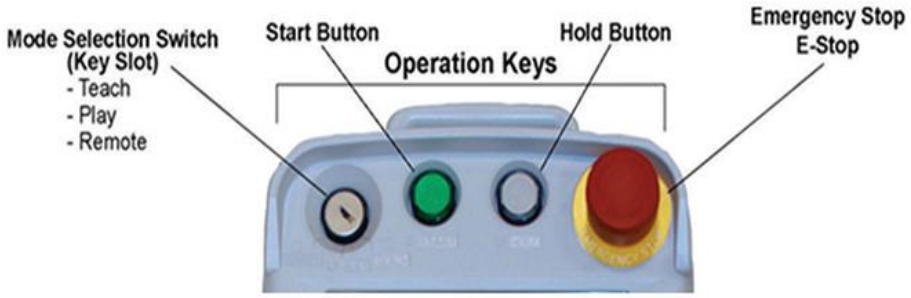
อุปกรณ์ควบคุมและโปรแกรมหุ่นยนต์ (Teach pendant) เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในองค์ประกอบการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ผ่านการโปรแกรมคำสั่งโดยผู้ใช้ สำหรับทำการควบคุมหรือสั่งให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ รวมไปถึงทำหน้าที่ในการสั่งการทำงานของหุ่นยนต์ ให้เริ่มต้นทำงานหรือหยุดการทำงาน และยังทำหน้าที่ในการแสดงผลการทำงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นข้อความเตือน (Alarm) สถานะการทำงานของหุ่นยนต์ เวลาในการทำงานแสดงข้อมูล Parameter ต่าง ๆ จัดเก็บหรือสำรองข้อมูลโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมหุ่นยนต์



ภาพที่ 2-10 Teach pendant หุ่นยนต์ยี่ห้อ Yaskawa (Yaskawa Electric Corporation, 2013)

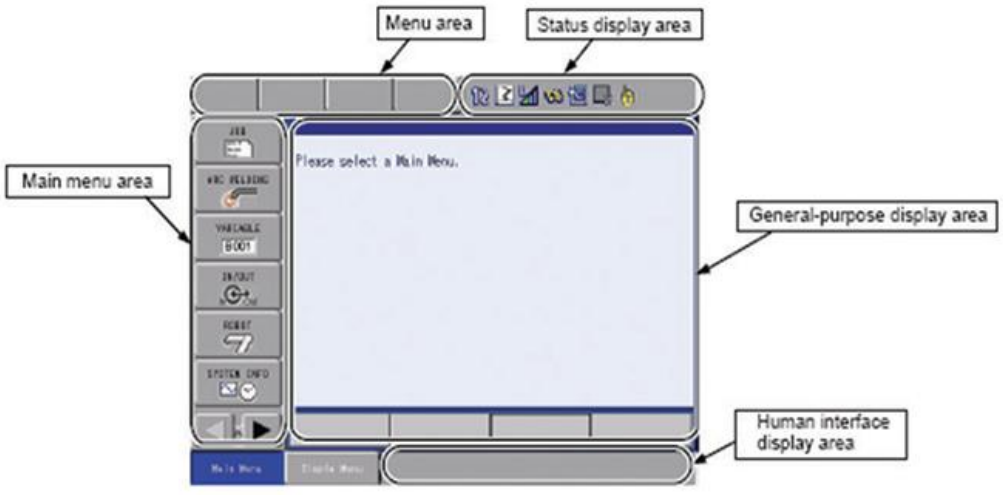
องค์ประกอบของ Teach pendant สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

1. Operation Switch: องค์ประกอบส่วนนี้จะประกอบไปด้วยสวิตช์ต่าง ๆ ที่มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ หลังจากผู้ใช้ได้โปรแกรมการทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว เช่น สวิทช์เลือกโหมดการควบคุมการทำงาน สวิทช์ Start/Stop, Emergency switch, Holding switch เป็นต้น ดังภาพที่ 2-11



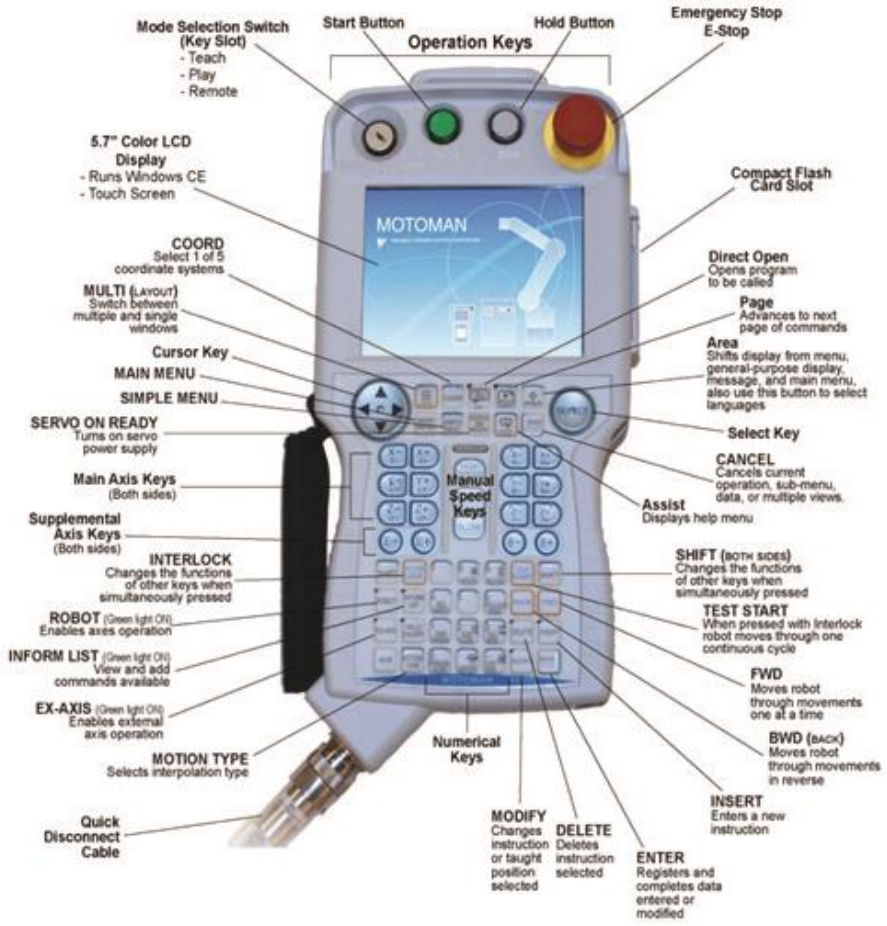
ภาพที่ 2-11 Operation switch บน Programming pendant ยี่ห้อ Yaskawa
(Modern Manufacturing, 2017)

2. Touch panel: หรือหน้าจอแสดงผล (Display) ส่วนนี้จะเป็นส่วนของพื้นที่ในการแสดงผลรายละเอียดของโปรแกรมตามที่ผู้ใช้ต้องการ และยังเป็นพื้นที่สำหรับทำการเขียนโปรแกรมและแก้ไขโปรแกรมพร้อมทั้งแสดงผลการทำงานของโปแกรมอีกด้วย ในปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่มีความก้าวหน้า หน้าจอแสดงผลจึงได้รับการพัฒนาให้เป็นแบบหน้าจอ Touch screen เราจึงเรียกว่า Touch panel บนหน้าจอจะมีเมนูฟังก์ชั่นต่าง ๆ ให้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก ดังภาพที่ 2-12



ภาพที่ 2-12 รายละเอียดของ Touch panel บน Teach pendant ยี่ห้อ Yaskawa
(Modern Manufacturing, 2017)

3. Optimal key: ปุ่มกดต่าง ๆ สำหรับควบคุมหรือสั่งการหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่และปุ่มฟังก์ชั่นพิเศษในการควบคุมและโปรแกรมหุ่นยนต์ รวมถึงปุ่มสำหรับป้อนค่าตัวเลข ในส่วนของปุ่มกด Optimal key จะใช้ในการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ในขณะที่ทำการโปรแกรมหุ่นยนต์หรือที่เรียกกันว่า การสอนหุ่นยนต์ (Teaching) และยังสามารถระบุความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นในขณะที่ทำการโปแกรมผ่านปุ่ม Manual speed ได้ โดย Optimal key บน Teach pendant ของหุ่นยนต์แต่ละยี่ห้อก็จะมีหน้าตาและรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตในการสร้างและพัฒนาฟังก์ชั่นพิเศษสำหรับการโปรแกรมหุ่นยนต์ ซึ่งก็ถือเป็นจุดขายของแต่ละยี่ห้อ ดังภาพที่ 2-13



ภาพที่ 2-13 รายละเอียดของ Optimal key บน Teach pendant ยี่ห้อ Yaskawa

(Modern Manufacturing, 2017)

2. ระบบพิกัดการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (Types of Coordinate Systems)

การสอนงานให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามคำสั่งโดยผ่านการสอนงานจากผู้ใช้ สามารถใช้ระบบพิกัดต่อไปนี้เพื่อใช้งานหุ่นยนต์

2.1 ระบบพิกัดการเคลื่อนที่แบบข้อต่อ (Joint coordinates) แกนของตัวขับเคลื่อนแต่ละตัวจะสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระ

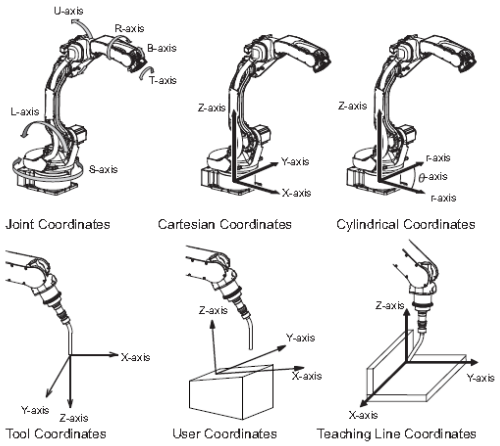
2.2 พิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinates) ปลายเครื่องมือของ manipulator จะเคลื่อนที่ขนานไปกับแกนการเคลื่อนที่ X, Y, และแกน Z

2.3 ระบบพิกัดพิกัดทรงกระบอก (Cylindrical coordinates) แกน Ø จะเคลื่อนที่ไปรอบ ๆ แกน S และแกน R จะเคลื่อนที่ขนานไปกับแขนแกน L สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวตั้งปลายเครื่องมือของหุ่นยนต์จะขนานไปกับแกน Z

2.4 พิกัดเครื่องมือ (Tool coordinates) ทิศทางการเคลื่อนที่จะถูกกำหนดด้วยระยะของปลายเครื่องมือที่ถูกติดตั้งอยู่บนส่วนปลายมือของหุ่นยนต์ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นแกน Z และแกนควบคุมพิกัดการเคลื่อนที่ จะเริ่มต้นที่จุดสิ้นสุดของเครื่องมือที่ถูกติดตั้ง

2.5 พิกัดผู้ใช้ (User coordinates) พิกัดการเคลื่อนที่ X, Y, Z คาร์ทีเซียน ถูกกำหนดไว้ที่จุดและมุมใด ๆ ของปลายเครื่องมือของหุ่นยนต์ และจะเคลื่อนที่ขนานไปกับแกนของวัตถุที่ถูกกำหนดโดยผู้ใช้

2.6 พิกัดการสอนเส้นพิกัด (Teaching line coordinates) พิกัด X, Y, Z คาร์ทีเซียน จะถูกตั้งค่าเป็นสองขั้นตอน โดยมีแกน Z เคลื่อนที่ตามพิกัดของหุ่นยนต์ ปลายเครื่องมือของหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ขนานไปกับพิกัดของวัตถุ การเคลื่อนที่ลักษณะนี้จะถูกนำไปใช้กับงานเชื่อมเท่านั้น



ภาพที่ 2-14 รูปลักษณะการเคลื่อนในระบบพิกัดต่าง ๆ ของหุ่นยนต์ ยี่ห้อ Yaskawa (Yaskawa Electric Corporation, 2013)

3. ประเภทคำสั่งการเคลื่อนที่และคำสั่งเงื่อนไขในการโปรแกรมการสอนงานหุ่นยนต์

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ สามารถเขียนผ่านอุปกรณ์ควบคุม Teach pendant ได้โดยตรง ซึ่งลักษณะการเขียนโปรแกรมควบคุมจะยึดหลักการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็นหลัก แต่ภาษาที่ใช้จะมีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการพัฒนาโปรแกรมของผู้ผลิต เช่นเดียวกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยี่ห้อ Yaskawa ซึ่งมีรูปแบบการเขียนโปรแกรมควบคุมและฟังก์ชั่นเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่นำหุ่นยนต์ไปใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่าย และเขียนโปรแกรมได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยลักษะคำสั่งที่มักใช้ในการเขียนโปรแกรมบ่อยครั้ง มีรายละเอียดตัวอย่างดังต่อไปนี้

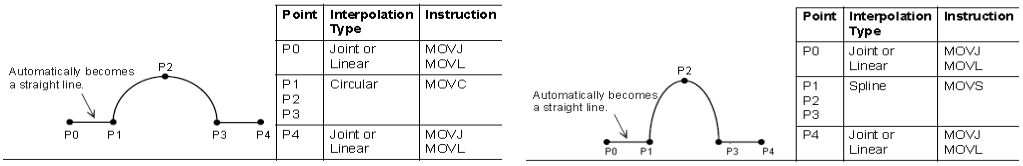
3.1 คำสั่งในการเคลื่อนที่

MOVJ เป็นการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่เป็นเส้นทางเดินที่ตายตัว การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะคำนวณหาระยะทางที่สั้นและรวดเร็วที่สุดในการไปยังตำแหน่งเป้าหมาย ความเร็วในการเคลื่อนที่จะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 0.78%-100% เช่น MOVJ VJ = 50

MOVL เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเขียนโปรแกรมให้ไปถึงจุดที่ต้องการจะเป็นการกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่แบบจุดต่อจุด ความเร็วในการเคลื่อนที่สามารถกำหนดได้เป็นช่วงความเร็วตั้งแต่ 11 mm/s ถึง 1,500 mm/s เช่น MOVL V = 900

MOVC เป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมีส่วนโค้ง การเขียนโปรแกรมควบคุมจะต้องประกอบด้วยจุดการเคลื่อนที่ 3 จุด ความเร็วในการเคลื่อนที่กำหนดเป็น mm/s

MOVS เป็นการเคลื่อนที่ในแนวรัศมีส่วนโค้งแบบพาราโบลา การเขียนโปรแกรมควบคุมจะต้องประกอบด้วยจุดการเคลื่อนที่ 3 จุด เช่นเดียวกับ MOVC โดยที่ความเร็วในการเคลื่อนที่กำหนดเป็น mm/s



ภาพที่ 2-15 รูปลักษณะการเคลื่อนด้วยคำสั่ง MOVC และ MOVS

(Yaskawa Electric Corporation, 2013)

3.2 คำสั่งเงื่อนไขและฟังก์ชั่นพิเศษ

DIN เป็นคำสั่งการรับสัญญานอินพุต จากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายนอก เช่น เซนเซอร์ วาล์ว หรือสัญญาณจากเครื่องจักร เพื่อสร้างเงื่อนไขของโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ เช่น DIN IN# (10), DIN B016

DOUT เป็นคำสั่งการส่งสัญญาญเอาต์พุตจากหุ่นยนต์ ให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำงานหรือหยุดทำงาน เช่น การสั่งให้กริปเปอร์ (Gripper) หยิบหรือปล่อยวัตถุ คำสั่งให้เครื่องจักรทำงาน เช่น DOUT OT # (2) ON, DOUT OT # (10) OFF

IF เป็นคำสั่งแบบเงื่อนไข สำหรับสร้างเงื่อนไขการทำงานของหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับคำสั่ง DIN, DOUT, JUMP, CALL หรือ WAIT เช่น CALL JOB: START IF IN # (9) ON

WAIT เป็นคำสั่งที่ใช้สำหรับหยุดการทำงานของหุ่นยนต์ชั่วคราว เพื่อรอสัญญาณอินพุต และตัดสินใจในการทำงาน

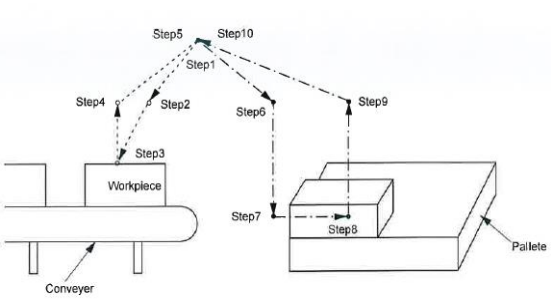
TIMER เป็นคำสั่งหน่วงเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ เพื่อให้มั่นใจว่าหุ่นยนต์ได้ทำงานเสร็จสิ้นกระบวนการ

LABEL* เป็นการกำหนดบรรทัดในการวนคำสั่งใหม่ของโปรแกรม

JUMP เป็นคำสั่งเงื่อนไขแบบกระโดด ส่วนใหญ่ใช้ร่วมกับ LABEL เป็นการ JUMP ไปโปรแกรมที่ถูกกำหนดไว้โดยผู้ใช้งาน

CALL เป็นคำสั่งในการเรียกใช้งานโปรแกรมย่อย ในการเขียนโปรแกรมควบคุม

การทำงานของหุ่นยนต์ คำสั่ง CALL จะช่วยให้การเขียนโปรแกรมมีความรวดเร็วมากขึ้น เนื่องจากไม่ต้องเขียนโปรแกรมการทำงานซ้ำ หรือ สอนงานหุ่นยนต์ในซ้ำ ๆ



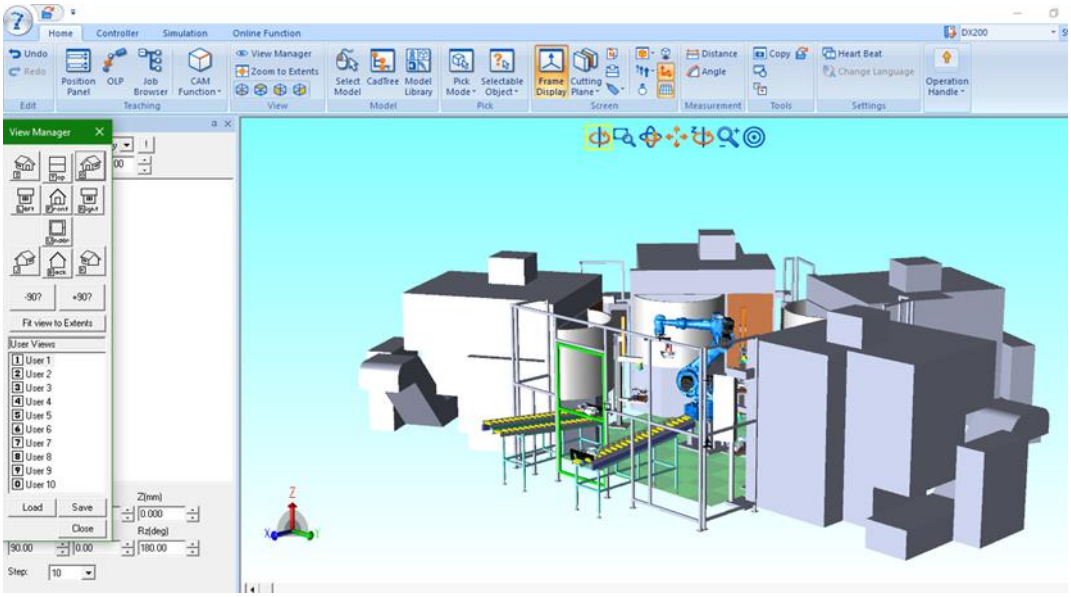
LINE	INSTRUCTION	
0000	NOP	
0001	MOVJ VJ=25.00	(Step1)
0002	MOVJ VJ=25.00	(Step2)
0003	MOVL V=100.0	(Step3)
0004	HAND 1 ON	
0005	TIMER T=0.50	
0006	MOVL V=100.0	(Step4)
0007	MOVJ VJ=25.00	(Step5)
0008	MOVJ VJ=25.00	(Step6)
0009	MOVL V=100.0	(Step7)
0010	MOVL V=50.0	(Step8)
0011	HAND 1 OFF	
0012	TIMER T=0.50	
0013	MOVL V=100.0	(Step9)
0014	MOVL VJ=25.00	(Step10)
0015	END	

ภาพที่ 2-16 รูปตัวอย่างการเขียนโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์
(Yaskawa Electric Corporation, 2013)

การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์

การประยุกต์ใช้งานที่นิยมมากของการจำลองขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์และพื้นที่การทำงาน คือ การใช้โปรแกรมจำลองการปฏิบัติงานของหุ่นยนต์และเซลล์หุ่นยนต์แบบยืดหยุ่นด้วยระบบ 3 มิติ ความสามารถของโปรแกรม คือ สามารถเลียนแบบการทำงานของหุ่นยนต์และสภาพแวดล้อมในการทำงานได้เสมือนจริง

การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ คือ วิธีการเขียนโปรแกรมเสมือนจริง หุ่นยนต์จะสามารถเคลื่อนที่บนจอภาพ และจำลองกระบวนการทำงานของอุปกรณ์และเครื่องจักรทั้งหมดในพื้นที่การทำงาน (เซลล์หุ่นยนต์) การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์เป็นเครื่องมือการเรียนรู้สำหรับการศึกษาการทำงานของหุ่นยนต์ โดยปราศจากหุ่นยนต์ อุปกรณ์ต่าง ๆ และเครื่องจักรจริง ดังนั้นจึงเป็นการลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำงาน และเป็นเครื่องมือที่มีสมรรถนะสูงในการออกแบบเซลล์หุ่นยนต์ และมีความเหมาะสมสำหรับการจำลองกรรมวิธีการผลิตชิ้นงานที่มีปริมาณการผลิตขนาดกลางและขนาดเล็ก



ภาพที่ 2-17 รูปตัวอย่างการจำลองไลน์การผลิตด้วยโปรแกรม Simulation

การทำงานแบบอัตโนมัติ และการจัดสายการผลิตแบบเซลลูลาร์ (Cellular)

1. การทำงานแบบอัตโนมัติ

การทำงานแบบอัตโนมัติ คือ เครื่องจักรที่มีระบบสัมผัสและการควบคุมซึ่งทำให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ มีความแม่นยำสูงกว่ามนุษย์ กล่าวคือ มีความผันแปรต่ำทั้งในการทำงานระยะสั้นหรือระยะยาว ซึ่งตัวแปรนี้มีผลกระทบต่อคุณภาพของงานและการตรงต่อเวลา ช่วยในการลดต้นทุนผันแปร

การทำงานแบบอัตโนมัติเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแรงงานมนุษย์จะมีราคาสูง ซึ่งจำเป็นต้องมีปริมาณการผลิตที่สูงมากเพื่อให้ต้นทุนต่อหน่วยลดลง การทำงานแบบอัตโนมัติมีความยืดหยุ่นน้อยกว่ามนุษย์โดยการตั้งค่าและเริ่มต้นการผลิตแล้ว จะทำการเปลี่ยนแปลงกระบวนการได้ยาก เนื่องจากอาจสงผลกระทบต่อด้านคุณภาพ การทำงานแบบอัตโนมัติมีอยู่ 3 แบบ คือ Fixed, Programmable และ Flexible ดังนี้

1.1 การทำงานอัตโนมัติแบบคงที่ (Fixed automation) จะมีความยืดหยุ่นน้อยที่สุดใน 3 แบบ ซึ่งฟอร์ดได้นำไปใช้ในช่วงต้นศตวรรษ 1990s และได้ใช้ต่อเนื่องในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยใช้เครื่องมือจำเพาะที่ราคาสูงสำหรับขั้นตอนการผลิตทั้งหมดที่คงที่ ข้อได้เปรียบ คือ ต้นทุนต่ำปริมาณการผลิตสูงและเวลาในการผลิตต่ำ ส่วนข้อจำกัด คือ ปราศจากความหลากหลาย และหากมีการเปลี่ยนแปลงในตัวสินค้าและบริการจะไม่สามารถใช้งานเครื่องมือได้ หรือต้องปรับปรุงซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

1.2 การทำงานอัตโนมัติแบบปรับตั้งโปรแกรมได้ (Programmable automation) ใช้เครื่องมืออเนกประสงค์ที่มีราคาสูง ที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ตามขั้นตอนรายละเอียดที่ต้องการ การเปลี่ยนแปลงอาจจะยากหรือง่ายขึ้นอยู่กับการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การทำงานในลักษณะนี้มีความสามารถในการผลิตในปริมาณไม่สูงและมีความหลากหลาย มีต้นทุนเหมาะสม โปรแกรมที่ทำตามคำสั่งมีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ในการผลิตบางครั้งมีการใช้หุ่นยนต์ (Robot) ในการทำงาน ที่มีความหลากหลายและอันตราย เช่น งานเชื่อม งานประกอบ งานทำสี หรืองานทดสอบ ซึ่งช่วยผ่อนแรงการทำงานของมนุษย์ในการทำงานที่หนัก ละเอียดอ่อน อันตราย หรือลักษณะงานที่มีการทำซ้ำ ๆ

1.3 การทำงานอัตโนมัติแบบยืดหยุ่น (Flexible Automation) มีการพัฒนามาจาก Programmable automation ซึ่งมีเครื่องมือที่สั่งการผลิตโดยเฉพาะมากกว่า ความแตกต่างที่เห็นได้ชัด คือ Flexible automation ใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรน้อยกว่า ลักษณะการผลิตทั้งหมดเกือบจะเป็นแบบต่อเนื่อง

ในทางปฏิบัติแล้ว Flexible automation ได้ใช้ในงานหลายรูปแบบที่แตกต่างกัน ได้แก่ Manufacturing cell ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible manufacturing system: FMS) และคอมพิวเตอร์ที่รวมการผลิต (Computer-Integrated manufacturing: CIM)

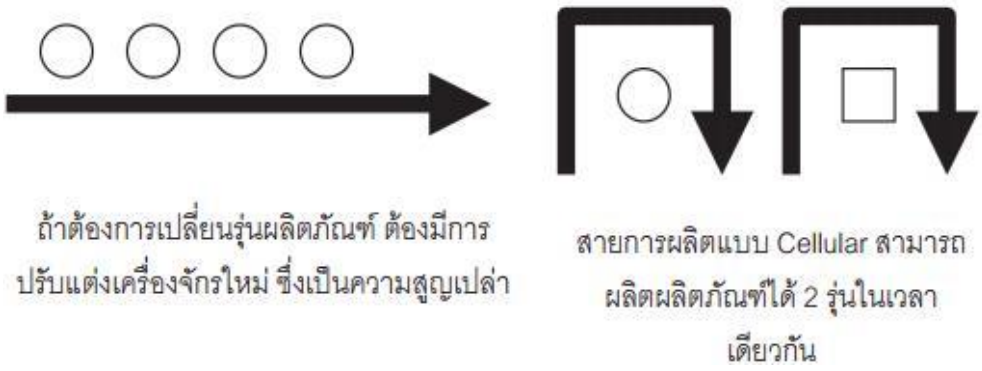
Manufacturing cell ประกอบด้วยเครื่องจักร N/C หนึ่งเครื่องหรือมากกว่าที่ผลิตสินค้าในเครื่องเดียวกัน โดยเครื่องจักรจะเชื่อมโยงกันด้วยอุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบอัตโนมัติ

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible manufacturing system: FMS) คือ กลุ่มของเครื่องจักร ที่มีคอมพิวเตอร์ควบคุมหลัก อุปกรณ์ลำเลียงวัตถุดิบอัตโนมัติ หุ่นยนต์ และเครื่องจักรอัตโนมัติอื่น ๆ การควบคุมที่ปรับเปลี่ยนโปรแกรมได้ จะช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานและคุณภาพสูงกว่าการผลิตโดยใช้ระบบแบบปกติ การลงทุนน้อยกว่าและมีความยืดหยุ่นกว่า Fixed automation รวมทั้งเวลาในการ Changeover สั้นกว่า

คอมพิวเตอร์ที่รวมการผลิต (Computer-Integrated manufacturing: CIM) คือ ระบบที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยเป้าหมายของ CIM คือ การเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายส่วนขององค์กร เพื่อให้สามารถตอบสนองได้รวดเร็วต่อการสั่งซื้อจากลูกค้าหรือการเปลี่ยนแปลงสินค้า โดยทำให้การผลิตรวดเร็วยิ่งขึ้นอีกทั้งเป็นการลดต้นทุนแรงงานทางอ้อม

2. การจัดสายการผลิตแบบเซลลูลาร์ (Cellular)

เป็นการวางผังโรงงานชนิดหนึ่ง ซึ่งนำเครื่องจักรมาวางไว้ใกล้ตามลำดับการผลิต หรือตามทิศทางเดินของชิ้นงาน มีเครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นของตัวเอง สถานีการทำงานจะถูกจัดรวมไว้ในหนึ่งเซลล์ แต่ละเซลล์จะต้องผลิตสินค้าอะไร หรือรุ่นไหน แต่สามารถเปลี่ยนชนิดของสินค้าในการผลิตได้ หากว่าสามารถใช้เครื่องจักรร่วมกันในเซลล์นั้น ๆ ได้ เซลล์จำเป็นต้องทำให้สมดุล (Line balancing) เพื่อรักษาการไหล (Flow) ที่ดีของงาน และควรใช้สายการผลิตแบบเซลล์ร่วมกับระบบคัมบัง (Kanban) เพื่อให้เกิดการผลิตแบบดึง (Pull) ตามแนวคิดของลีน



ภาพที่ 2-18 การผลิตแบบสายการผลิตเดี่ยวกับแบบ Cellular (วิทยา อินทร์สอน, 2016)

ต้นทุนการผลิต และการวิเคราะห์โครงการลงทุน

1. ต้นทุนการผลิต

1.1 ต้นทุนการผลิต (Production cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทั้งหมด โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร

1.2 ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินกิจกรรมการผลิตโดยไม่แปรผันตรงกับการผลิต เป็นค่าใช้จ่ายที่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการลงทุน เช่น ค่าที่ดิน ค่าอาคารสำนักงาน ค่าเครื่องจักรในการผลิต

1.3 ต้นทุนผันแปร (Variable cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินกิจกรรมการผลิตและแปรผันตรงกับการผลิต และกล่าวได้ว่า ถ้ามีการผลิตในปริมาณมากก็จะเสียต้นทุนการผลิตมาก ถ้ามีการผลิตปริมาณน้อยก็จะเสียต้นทุนการผลิตน้อย และจะไม่เสียค่าใช้จ่ายเลยถ้าไม่มีการผลิต เช่น ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าน้ำประปา ค่าไฟฟ้า ค่าวัตถุดิบ เป็นต้น

องค์ประกอบของต้นทุนการผลิต ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 3 ส่วน คือ

ค่าใช้จ่ายต้นทุนด้านวัสดุ (Material cost) ได้แก่ 1) วัสดุทางตรง (direct material cost) คือ วัสดุหรือวัตถุดิบที่ใช้เพื่อการผลิตโดยตรง โดยส่วนมากมักจะเป็นส่วนประกอบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ จำนวนในการใช้งานวัสดุหรือวัตถุดิบทางตรงนี้ จะแปรผันกับหน่วยในการผลิตโดยตรง 2) วัสดุทางอ้อม (Indirect material cost) เช่น วัสดุ เครื่องมือ อุปกรณ์ ที่ใช้สนับสนุนในการผลิต โดยจะไม่แปรผันกับปริมาณการผลิตโดยตรง เช่น มีดกลึง ดอกสว่าน กระดาษทราย เป็นต้น

ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน (Labor cost) ได้แก่ 1) ค่าแรงงานทางตรง (Direct labor) หมายถึง ค่าแรงของคนงานหรือลูกจ้างที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้าเพื่อแปรสภาพวัตถุดิบให้เป็นสินค้าสำเร็จรูป เช่น ค่าแรงพนักงานฝ่ายผลิต ค่าแรงพนักงานควบคุมเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสินค้า เป็นต้น 2) ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานทางอ้อม (indirect labor cost) เช่น เงินเดือนของพนักงานขาย เงินเดือนของผู้จัดการ เงินเดือนของวิศวกร ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะไม่แปรผันกับปริมาณในการผลิตโดยตรง

ค่าโสหุ้ย (Overhead) ค่าใช้จ่ายโรงงานหรือค่าโสหุ้ยการผลิต เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนอกเหนือจากค่าแรงงานทางตรงและค่าวัสดุทางตรง จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้ 1) ค่าวัสดุทางตรง 2) ค่าวัสดุทางอ้อม 3) ค่าสาธารณูปโภค 4) ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด 5) ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักรและสินทรัพย์อื่น ๆ 6) ค่าซ่อมแซมเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์การผลิต 7) ค่าเช่า 8) ค่าประกันภัยสินทรัพย์ 9) ค่าภาษี (ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล) 10) ค่าสวัสดิการ

2. การวิเคราะห์โครงการลงทุน

ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการลงทุนเพื่อการตัดสินใจ ต้องอาศัยเครื่องมือทางการเงินเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจ เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกินขึ้นในการจัดทำโครงการ เครื่องมือที่สำคัญและนิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ มีดังนี้

2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB) คือ ระยะเวลาการลงทุนที่ทำให้ผลกำไรที่ได้จากการดำเนินงานมีค่าเท่ากับเงินลุงทุนโครงการ ระยะเวลาคืนทุนเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนอย่างง่ายและไม่ซับซ้อน การคำนวณระยะเวลาไม่ได้มีการพิจารณาค่าของเงินตามกาลเวลา ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้การเลือกโครงการลงทุนเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นในบางกรณีอาจแก้ปัญหาโดยนำกระแสเงินสดมาปรับลดด้วยอัตราคิดลด ก่อนนำมาคำนวณหาระยะเวลาคืนทุน หรือที่เรียกว่า ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดลด (Discount payback period: DPB) การคำนวณระยะเวลาคืนทุนสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

สูตรการคำนวณ

$$\text{ระยะคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้น}}{\text{กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี}} \quad (2\text{-}1)$$

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน โดยใช้อัตราคิดลด (Discount rate) ตัวใดตัวหนึ่งมาปรับมูลค่าของกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาให้มาอยู่ที่จุดเดียวกัน คือ ณ ปัจจุบัน วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิหรือ NPV นับเป็นเครื่องมือในการประเมินความเป็นไปได้ของการลงทุนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีการนำเรื่องค่าของเงินตามเวลามาร่วมพิจารณา และเป็นการคำนวณกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ

สูตรการคำนวณ

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ NPV สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - CF_0 \quad (2\text{-}2)$$

CF = กระแสเงินสดรับสุทธิ ณ ปีที่ t

R = ต้นทุนทางการเงินหรืออัตราผลตอบแทนทางการเงิน

N = ระยะเวลาของโครงการ

CF_0 = เงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกโครงการลงทุน สามารถพิจารณาได้ดังนี้

กรณีที่ NPV > 0 แสดงว่า โครงการจะได้ผลกำไรจากการลงทุนโครงการ

กรณีที่ NPV < 0 แสดงว่า โครงการจะขาดทุนจากการลงทุนโครงการ

2.3 อัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal rate of return: IRR) คือ อัตราคิดลด (Discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการเท่ากับเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิพอดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์ เป็นอัตราผลตอบแทนเฉลี่ยต่อปีที่ผู้ลงทุนจะได้รับจากการลงทุนตลอดอายุโครงการนั่นเอง ในทางปฏิบัติ IRR นิยมนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินโครงการอย่างแพร่หลาย เนื่องจากวิธี IRR นี้มีการแสดงค่าผลตอบแทนเป็นร้อยละ ซึ่งทำให้เข้าใจง่ายและมีความสะดวกในการเปรียบเทียบระหว่างโครงการต่าง ๆ ที่เป็นทางเลือกของการลงทุนที่มีอยู่ขณะนั้น

สูตรการคำนวณ

IRR คือ อัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับศูนย์

เมื่อ NPV = 0

$$\sum_{t=0}^{N} \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0 \qquad (2\text{-}3)$$

CF = กระแสเงินสดรับสุทธิ ณ ปีที่ t

N = ระยะเวลาของโครงการ

CF_0 = เงินลงทุนเริ่มต้นโครงการ

เกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกโครงการลงทุนด้วยวิธีอัตราคิดลด (IRR) สามารถพิจารณาได้ดังนี้

กรณีที่ IRR > r แสดงว่าโครงการจะได้ผลกำไรจากการลงทุนโครงการ

กรณีที่ IRR < r แสดงว่าโครงการจะขาดทุนจากการลงทุนโครงการ

เมื่อ r คือ อัตราต้นทุนของโครงการ (Cost of capital)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและติดตั้งเพื่อการปรับปรุงระบบการผลิตให้เป็นแบบอัตโนมัติ จึงได้ทำการสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยด้านเทคโนโลยีสมัยใหม่ และการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งผู้สำรวจได้แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์

ธนากร บุญทัน (2558) ได้ศึกษาวิธีการประมาณค่าแรงบิดโหลดของข้อต่อแขนหุ่นยนต์โดยใช้วิธีการชดเชยแบบปรับตัวได้ (Adaptive compensation) เพื่อลดปัญหาและเป็นการปรับปรุงการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแขนกลจำเป็นต้องอาศัยแรงบิดบนข้อต่อที่สัมพันธ์กับการขับมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ ค่าแรงบิดที่เปลี่ยนแปลงไปจึงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของแขนกลหุ่นยนต์ และส่งผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงาน อีกทั้งทำให้อายุการใช้งานของแขนกลหุ่นยนต์สั้นลง โดยการวิจัยเป็นการหาวิธีการประมาณค่าแรงบิดโหลดที่กระทำบนข้อต่อของแขนหุ่นยนต์ เพื่อการลดแรงกระทำที่เกิดขึ้นกับแขนหุ่นยนต์ และช่วยในการออกแบบเส้นทางการเคลื่อนที่ของแขนกลหุ่นยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของหุ่นยนต์และการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์

ปณิธิ ศิรอักษร (2551) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยวิธีสาธิต เพื่อนำไปประยุกต์ในการถ่ายทอดทักษะในการประกอบชิ้นงานแบบ 3 มิติ ด้วยระบบรับภาพแบบวิชั่นสเตอริโอวิชั่นจำนวน 2 ตัว เพื่อตรวจสอบตำแหน่งชิ้นงานและค้นหาค่าตำแหน่งชิ้นงานในรูปแบบ 3 มิติ โดยนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ สามารถสร้างโปรแกรมควบคุมการทำงานของแขนหุ่นยนต์ชนิด 5 แกน ให้สามารถทำงานได้ตามการสาธิต เป็นการลดข้อผิดผลาดก่อนนำไปใช้ควบคุมการทำงานจริงของแขนหุ่นยนต์

จอมภพ ละออ และประจัก ลำจวน (2560) ได้ศึกษาและออกแบบเพื่อสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน ที่มีพื้นที่ทำงาน กว้าง 225 x ยาว 225 x ลึก 80 มิลลิเมตร โดยใช้โครงสร้างรองรับชุดเคลื่อนที่แบบแขนคู่ด้านข้าง และมีต้นกำเนิดกำลังจากสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ในขณะทำการทดลองพบว่าการเคลื่อนที่มีการสั่นสะเทือนเล็กน้อย การขับเคลื่อนโดยรวมไม่มีการติดขัดตลอดช่วงระยะการทดสอบ ส่วนของหัวจับชิ้นงาน ผู้ออกแบบและทดลองใช้ระบบแม่เหล็กไฟฟ้าในการจับยึดจากการทดสอบจับชิ้นงานเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 หนา 10 มิลลิเมตร น้ำหนัก 48 กรัม พบว่า ชิ้นงานไม่มีการหลุดตกหล่น การทดสอบประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X, Y, Z และการเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แนวแกน X, Y ที่ระยะ 45 มิลลิเมตร พบว่า ไม่มีความผิดในแนวแกนการเคลื่อน X ,Y, Z แต่การเคลื่อนที่พร้อมกัน 2 แนวแกน X, Y ระยะ 225 มิลลิเมตร พบว่า มีความผิดพลาดร้อยละ 0.44 ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

พันศักดิ์ เนระแก (2558) ได้ทำการศึกษาการออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวาง ที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร โดยมีวัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่ใช้ในการหยิบและวางในกระบวนการประกอบ เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานของหุ่นยนต์ โดยการใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักรประกอบการทำงานของหุ่นยนต์ วิธีการออกแบบ มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ 1) ระบบลำเลียงชิ้นงานอัตโนมัติ โดยใช้โปรแกรม KV STUDIO เขียนระบบการทำงานของชุดลำเลียงชิ้นงาน 2) การใช้โปรแกรม NI Vision builder ในการกำหนดจุดศูนย์กลางของรูปแบบ ความเหมือน สีที่ใช้ในการค้นหา ขอบเขตในการค้นหา และส่วนของโปรแกรม NI LabVIEW ร่วมกับโมดูล NI Vision ใช้ในการออกแบบกระบวนการทำงานของระบบการมองเห็นของเครื่องจักร เพื่อค้นหาพิกัดและแนวการวางตัวของชิ้นงาน และควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ แบบ Scara robot โดยการสั่งให้ Robot เคลื่อนที่ผ่านชุดคำสั่ง Protocol B ผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย คือ ระบบลำเลียงชิ้นงานสามารถลำเลียงชิ้นงานมาหยุดที่จุดจับยึด และระบบการมองเห็นด้วยภาพของเครื่องจักรที่ได้ทำการออกแบบสามารถตรวจจับตำแหน่งตามแนวแกน X, Y และแนวการวางตัวตามแนวแกน U ได้อย่างถูกต้องตามรูปแบบของชิ้นงานที่ได้รับ และสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์หยิบและวางชิ้นส่วนในการประกอบได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาในด้านเทคโนโลยีหุ่นยนต์พบว่า การปรับปรุงและพัฒนาหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 2 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการพัฒนาโครงสร้างของหุ่นยนต์ให้มีความแข็งแรงหรือการออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับการทำงาน 2) ด้านการพัฒนาโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ โดยใช้เครื่องมือหรือซอฟต์แวร์ต่าง ๆ เข้ามาช่วยในการออกแบบโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ให้มีความสามารถ และทำงานได้ตามเป้าหมายอย่างแม่นยำ เช่น การใช้งานกล้องวิชั่นร่วมกับโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ จะสามารถเพิ่มความแม่นยำในการทำงานของหุ่นยนต์ได้มากขึ้น ดังนั้นจากงานวิจัยที่ทำการศึกษา ผู้วิจัยได้นำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ ในด้านการออกแบบระบบการทำงานของหุ่นยนต์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตชุดประกอบร่วม Drum brake ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์โดยการคำนึกถึงค่าโหลดที่เกิดขึ้น เนื่องจากอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยรวม และอายุการใช้งานของหุ่นยนต์

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านการปรับปรุงและการจัดแผนผังการผลิต

วิษณุ รัตนะ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาเซลล์การผลิตอัตโนมัติระหว่าง เครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม โดยศึกษาการเชื่อมโยงข้อมูลของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมยี่ห้อ KUKA รุ่น KRC6 มาร่วมประยุกต์ใช้งานกับเครื่องกัดซีเอ็นซี ยี่ห้อ CINCINNATI รุ่น ARROW VMC 750 ได้อย่างสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาสู่เซลล์การผลิตแบบอัตโนมัติ ในการเพิ่มศักยภาพของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพ และมีความยืดหยุ่นมากขึ้น จากการศึกษาระบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม พบว่า การพัฒนาการเชื่อมโยงการทำงานของเครื่องจักรทั้งสองจะต้องทำการพัฒนาระบบการเปิดปิดประตู และระบบการจับยึดชิ้นงานบนเครื่องกัด CNC แบบอัตโนมัติ ด้วยระบบนิวเมติกส์ และพัฒนาระบบวงจรการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ด้วย M-function ของเครื่องกัดซีเอ็นซี เซลล์การผลิตที่พัฒนาขึ้นนี้ ถูกทดสอบความถูกต้องและเหมาะสมโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม ให้ป้อนชิ้นงานให้กับเครื่องกัดซีเอ็นซี เพื่อกัดชิ้นงานตามแบบที่กำหนด พบว่า เครื่องจักรทั้งสองสามารถทำงานร่วมกันได้อย่างสัมพันธ์กันทุกขั้นตอน ผลสำเร็จของการพัฒนาเซลล์การผลิตระหว่างเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรมดังกล่าวเป็นการยืนยันแนวคิดที่จะใช้เป็นแนวทางในการขยายผลไปสู่การพัฒนาระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

วทัญญู แสนโภชน์ (2559) ได้ศึกษาการออกแบบแผนผังโรงงานกล่องกระดาษลูกฟูกสำหรับปัญหาความต้องการที่ไม่แน่นอน โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบแผนผังโรงงานเพื่อลดระยะทางการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างแผนกโดยรวม ภายใต้สภาวะ

ที่ความต้องการของสินค้านั้นมีความไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา โดยเลือกโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์กระดาษลูกฟูกเป็นโรงงานกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการผลิตค่อนข้างยืดหยุ่นตามความต้องการของลูกค้า อีกทั้งความต้องการสินค้ามีลักษณะที่ไม่แน่นอนในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนผังโรงงานอยู่หลายครั้งในหนึ่งปี โดยงานวิจัยนี้นำเอาวิธีการคำนวณแบบ ซิมมูเลดเต็ด อะเนลลิ่ง (Simulated annealing) ร่วมกับหลักการออกแบบแผนผังโรงงานแบบโรบัส (Robust layout) มาทำการหาแผนผังโรงงานที่เหมาะสมเพียงผังเดียว เพื่อรองรับความต้องการของสินค้าที่มีความไม่แน่นอน โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง และจัดทำข้อมูลให้อยู่ในรูปของแผนภูมิ จาก-ไป ในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นทำการหาคำตอบโดยโปรแกรมออกแบบผังโรงงานที่ใช้หลักการซิมมูเลดเต็ด อะเนลลิ่ง ในการคำนวณ และทำการประเมินความเหมาะสมของผังโรงงานหลังปรับปรุงโดยหลักการออกแบบผังโรงงานแบบโรบัส ซึ่งผังโรงงานกรณีศึกษาที่ได้ปรับปรุงจากงานวิจัยนี้ ให้ค่าต้นทุนความสูญเสียโดยรวม (Total penalty cost, TPC) อยู่ที่ร้อยละ 0.76 แสดงว่ามีความเหมาะสมในการนำผังโรงงานนี้ไปปรับใช้จริง และสามารถลดระยะทางการเคลื่อนย้ายวัสดุโดยรวมของโรงงานกรณีศึกษา จาก 5,343,338 เมตร เหลือ 4,089,541 เมตร ซึ่งทำให้ระยะทางรวมลดลง 1,253,798 เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 23.46

กนกวรรณ พันกับ (2553) ได้ทำการศึกษาปัญหาด้านการยศาสตร์ในการผลิตกระดาษสา เพื่อลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของพนักงาน ซึ่งในการวิจัยได้วัดความปวดเมื่อยล้าด้วยการประเมินความรู้สึกจากแบบสอบถาม และวัดด้วยเครื่อง EMG (Electromyography) จากกลุ่มตัวอย่างในสถานีทำงานก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุง ทุก ๆ 1 ชั่วโมง ระหว่างช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ผลการวิจัยพบว่า บริเวณที่มีอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหรือเมื่อยล้าสูงสุด คือ หลังส่วนล่าง ไหล่ซ้าย และไหล่ขวา คิดเป็น 22.03% 14.41% และ 11.86% ตามลำดับ ในการปรับปรุงได้ออกแบบสถานีการทำงานใหม่ ให้สามารถทำงานได้ทั้งยืนทำงานและนั่งทำงาน เมื่อทำการประเมินความเมื่อยล้าและวัดความเมื่อยล้าด้วยเครื่อง EMG ขณะทำงานของกลุ่มตัวอย่างในสถานีทำงานหลังปรับปรุง พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความรู้สึกเมื่อยล้าทั่วไปโดยรวมของร่างกาย ในสถานีงานหลังการปรับปรุงน้อยกว่า และมีประสิทธิภาพในการทำงานหลังปรับปรุงสูงกว่าสถานีทำงานก่อนปรับปรุง โดยใช้เวลาผลิตกระดาษในสถานีทำงานหลังปรับปรุง เท่ากับ 60 วินาที/แผ่น ลดลงจากสถานีทำงานก่อนปรับปรุง 10 วินาที/แผ่น และสามารถผลิตกระดาษสาได้ 165 แผ่น/วัน เพิ่มขึ้นจากสถานีก่อนปรับปรุง จำนวน 14 แผ่น/วัน จากผลการวิจัยสามารถชี้บ่งได้ว่า การปรับปรุงสถานีทำงานสามารถลดความเมื่อยล้าจากการทำงานได้

ทศพร อัศวรังษี (2559) ได้ศึกษาและออกแบบชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องจักรอัตโนมัติ ซีเอ็นซี แมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ เป็นโมดูลหยิบจับชิ้นงานในกระบวนการผลิต เพื่อลดปัญหา

ที่เกิดขึ้นจากการทำงานร่วมกันระหว่างคนและเครื่องจักร ที่มีสาเหตุมาจากการรอคอยปฏิบัติงานของพนักงานหน้าเครื่องในช่วงขณะการทำงานของเครื่องจักร ส่งผลทำให้ต้นทุนการผลิตและความต้องการจำนวนพนักงานสูง ดังนั้นเพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้กับเครื่อง และขจัดสาเหตุดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระเบียบวิธีการในการออกแบบ ชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องจักรอัตโนมัติ โดยการศึกษาและวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานและการออกแบบทางวิศวกรรมเชิงระบบ (Engineering design: A systematic approach) ในการออกแบบชุดหยิบจับชิ้นงาน (Gripper module) ให้สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องซีเอ็นซีแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์ (CNC Machining center) ผลจากการศึกษาและออกแบบพบว่า สามารถลดการทำงานของพนักงาน 14.06% และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับเครื่องจักร 15.86%

จากงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาด้านการปรับปรุงและการจัดแผนผังการผลิตพบว่า การปรับปรุงระบบการผลิตแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) การปรับปรุงพื้นที่การผลิตประกอบด้วย การจัดผังโรงงาน การจัดเซลล์ในการผลิต และการปรับปรุงสถานีงาน 2) ปรับปรุงอุปกรณ์ช่วยในการผลิต โดยจุดมุ่งหมายการปรับปรุงที่เหมือนกัน คือ เพื่อการลดเวลาในกระบวนการผลิตหรือการขนย้าย เพิ่มความสะดวกในการใช้งาน และลดปัญหาด้านสุขภาพจากการทำงานของพนักงาน จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่อง การพัฒนาเซลล์การผลิตอัตโนมัติระหว่าง เครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม เป็นแนวทางที่คล้ายคลึงกับการวิจัยนี้มากที่สุด เนื่องจากแนวทางในการปรับปรุงเป็นการออกแบบระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นจากการปรับปรุงเซลล์การผลิตร่วมกับการทำงานของหุ่นยนต์ และการออกแบบอุปกรณ์เสริมช่วยในการจับชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เช่นเดียวกับงานวิจัยนี้ ที่มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของชิ้นงานชุดประกอบร่วม Drum brake เพื่อลดต้นทุนกระบวนการผลิต โดยการปรับปรุงเซลล์การผลิตให้สามารถทำงานร่วมกับหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมได้แบบอัตโนมัติ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเชิงเศรษฐศาสตร์

อิงดาว วิมล (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาระบบการประเมินต้นทุนการผลิต จากกรณีศึกษาโรงงานผลิตคอยล์สปริงสำหรับยานยนต์ จากการศึกษาพบว่า โรงงานประสบปัญหาในด้านการประมาณต้นทุน เนื่องจากวิธีการที่ใช้ไม่เหมาะสม และไม่สอดคล้องกับสภาพการดำเนินงานในปัจจุบัน ทำให้ต้นทุนประมาณการแตกต่างจากต้นทุนที่แท้จริงอย่างมาก ส่งผลต่อการตั้งราคาผลิตภัณฑ์ และการทำกำไรของบริษัท ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการปรับปรุงวิธีการประมาณการต้นทุนให้เป็นมาตรฐาน โดยวิธีการปรับแบ่งโครงสร้างของต้นทุน ปรับต้นทุนวัตถุดิบให้รวมค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตทั้งหมด โดยรวมเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและของเสีย ปรับข้อมูลกำลังการผลิตโดย

พิจารณาประสิทธิภาพของเครื่องจักร ปรับการประมาณการผลิตจากค่าเฉลี่ยให้เป็นปริมาณผลิตจริงที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละเดือน และปรับข้อมูลเวลามาตรฐานให้เป็นปัจจุบัน ทำให้ได้คู่มือในการจัดทำต้นทุนการผลิตที่เป็นมาตรฐาน และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการประเมินต้นทุนการผลิต ผลของงานวิจัยนี้สามารถลดผลต่างต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างก่อนการปรับปรุงร้อยละ 7.96 เหลือร้อยละ 2.59 ทำให้โรงงานสามารถประเมินต้นทุนการผลิตได้อย่างเหมาะสม และนำไปสู่แนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพในอนาคต

ไวกูณฐ์ โอมพรนุวัฒน์ (2556) ได้จัดทำแบบจำลองในการวิเคราะห์ต้นทุนรายปีของระบบการขนส่งชิ้นส่วนในสายการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งประสบปัญหาด้านการขนส่งชิ้นส่วนล่าช้าในปัจจุบัน โดยได้นำเสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานปัจจุบันเป็น 3 แนวทาง ได้แก่ การขนส่งชิ้นส่วนด้วยพนักงานอย่างเป็นระบบ การขนส่งชิ้นส่วนด้วยพาหนะขนส่งชิ้นส่วนอัตโนมัติ และการขนส่งชิ้นส่วนด้วยพาหนะขนส่งร่วมกับระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ โดยงานวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองเพื่อหาจำนวนทรัพยากรน้อยที่สุด ที่ยังสามารถทำให้การขนส่งชิ้นส่วนมีประสิทธิภาพสำหรับแต่ละทางเลือก เพื่อคำนวณหาต้นทุนเฉลี่ยรายปีและผลตอบแทนที่ได้รับจากการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการปรับปรุงการขนส่ง จากผลของงานวิจัยพบว่า การขนส่งแนวทางพาหนะขนส่งชิ้นส่วนอัตโนมัติร่วมกับระบบชี้เฉพาะด้วยคลื่นความถี่วิทยุ เป็นแนวทางที่คุ้มค่ากว่าแนวทางการปรับปรุงอื่น โดยมีต้นทุนเฉลี่ยรวมรายปี เท่ากับ 560,510.46 บาทต่อปี โดยสามารถลดปัญหาเวลาสูญเสียในการขนส่งด้วยพนักงานได้ทั้งหมด และสามารถลดต้นทุนการทำงานได้เท่ากับ 87,489.54 บาทต่อปี

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเชิงเศรษฐศาสตร์ ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์โครงสร้างของต้นทุนการผลิตชิ้นงานที่จำเป็น เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิต ก่อนและหลังการปรับปรุงการบวนการผลิตได้ เพื่อนำไปใช้ในการหาค่ากระแสเงินสดของโครงการลงทุน และการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของงานวิจัยนี้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

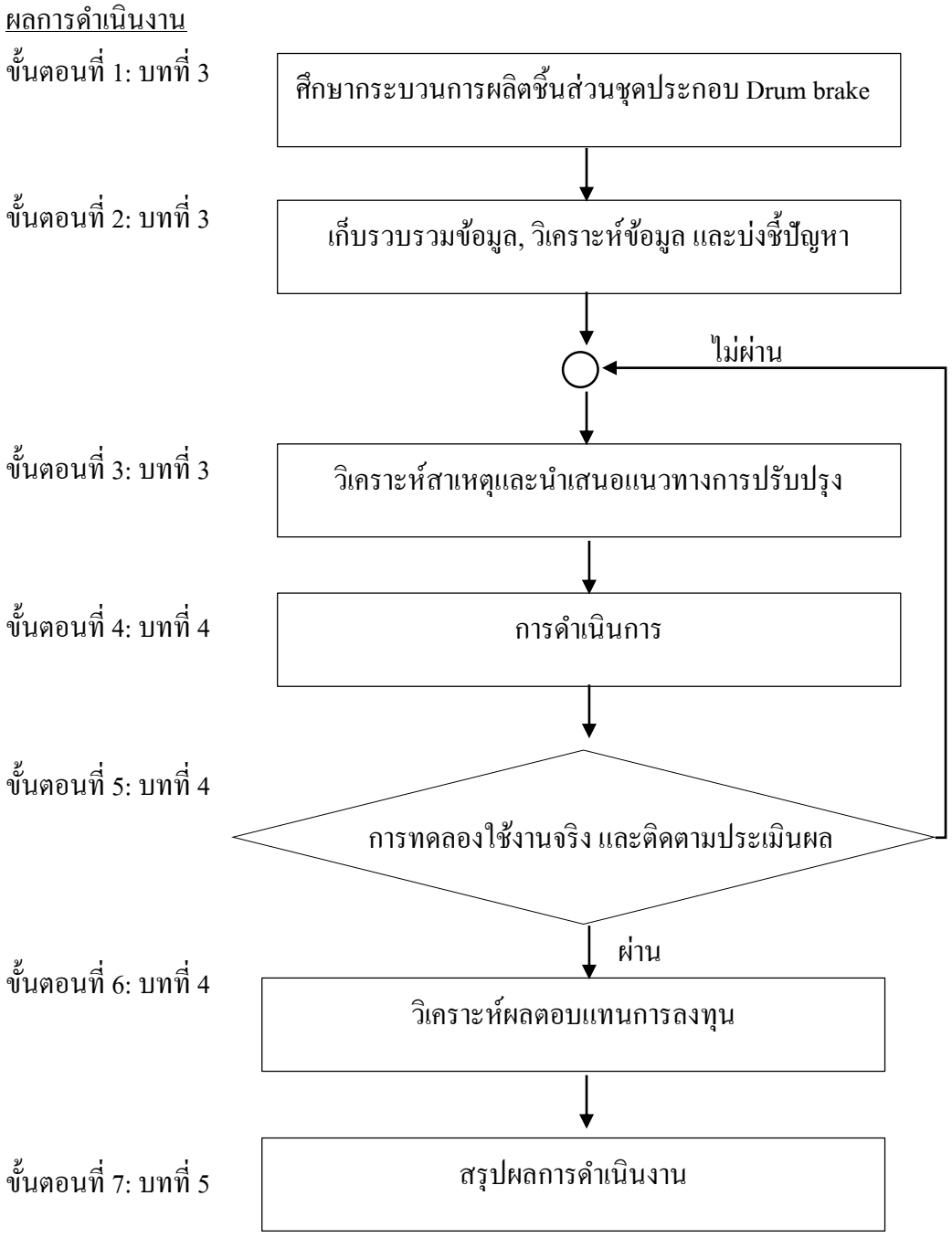
งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตของสถานประกอบการผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ (OEM: Original equipment manufacturer) โดยมีผลิตภัณฑ์หลักของบริษัท ได้แก่ ชุดห้ามล้อรถยนต์ Disc brake และ Drum brake โดยการนำเทคโนโลยีในการผลิตสมัยใหม่ประเภทหุ่นยนต์อุตสาหกรรมชนิดแขนกล (Articulated robot) เข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตชุดชิ้นงานประกอบร่วม Drum brake เพื่อลดขั้นตอนการทำงานของพนักงาน โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นการมุ่งเน้นการแก้ปัญหาต้นทุนชิ้นงานที่สูงกว่าเป้าหมายและเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของบริษัทในกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบ Drum brake
2. เก็บรวบรวมข้อมูล, วิเคราะห์ข้อมูล และบ่งชี้ปัญหา
3. วิเคราะห์สาเหตุและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง
4. การดำเนินการ
5. วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน
6. การทดลองใช้งานจริง และติดตามประเมินผล
7. สรุปผลการดำเนินงาน

จากขั้นตอนการดำเนินงานทั้งสิ้น 7 ขั้นตอน สามารถนำมาเขียนเป็นแผนผังการไหลของขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปนี้

แผนผังการไหลของการดำเนินงาน



ภาพที่ 3-1 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน

จากแผนผังดังภาพที่ 3-1 การแสดงข้อมูลในงานวิจัยได้แบ่งผลของการดำเนินงานเป็น 3 ส่วน ตามลำดับการทำงานก่อนและหลัง ดังนี้

ส่วนที่ 1: จะประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 1-3 ในบทที่ 3

ส่วนที่ 2: จะประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 4-6 ในบทที่ 4

ส่วนที่ 3: จะประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน ขั้นตอนที่ 7 ในบทที่ 5

แนวทางการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1: ศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบ Drum brake ในขั้นตอนนี้จะทำการศึกษาสภาพการผลิตปัจจุบัน ซึ่งจะประกอบไปด้วยการอธิบายกระบวนการผลิตของชิ้นงานตั้งแต่ต้นกระบวนการผลิตจนได้ชิ้นงานสำเร็จรูป

ขั้นตอนที่ 2: เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และบ่งชี้ปัญหา ในขั้นตอนนี้จะเป็นการรวบรวมข้อมูลการผลิต จากไลน์การผลิตจริงก่อนเริ่มปรับปรุงกระบวนการ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ประเด็นปัญหา และชี้บ่งถึงปัญหาการผลิตที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนที่ 3: วิเคราะห์สาเหตุและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง ในขั้นตอนนี้จะเป็นการนำประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นมาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และนำเสนอแนวทางการปรับปรุง ซึ่งผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้ คือ การออกแบบ และติดตั้งระบบอัตโนมัติในการกระบวนการผลิต

ขั้นตอนที่ 4: การดำเนินการ ในขั้นตอนนี้จะอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้ง ซึ่งประกอบไปด้วย การออกแบบขั้นตอนทำงานของกระบวนการ การเลือกหุ่นยนต์ การออกแบบอุปกรณ์สนับสนุนการทำงาน การออกแบบ layout การติดตั้ง การเขียนโปรแกรมควบคุม การทดสอบขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ รวมทั้งแสดงผลการดำเนินการที่เกิดขึ้นในแต่และขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 5: การทดลองใช้งานจริงและติดตามประเมินผล ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลการผลิตหลังการปรับปรุง เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลด้านกำลังการผลิต และประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต

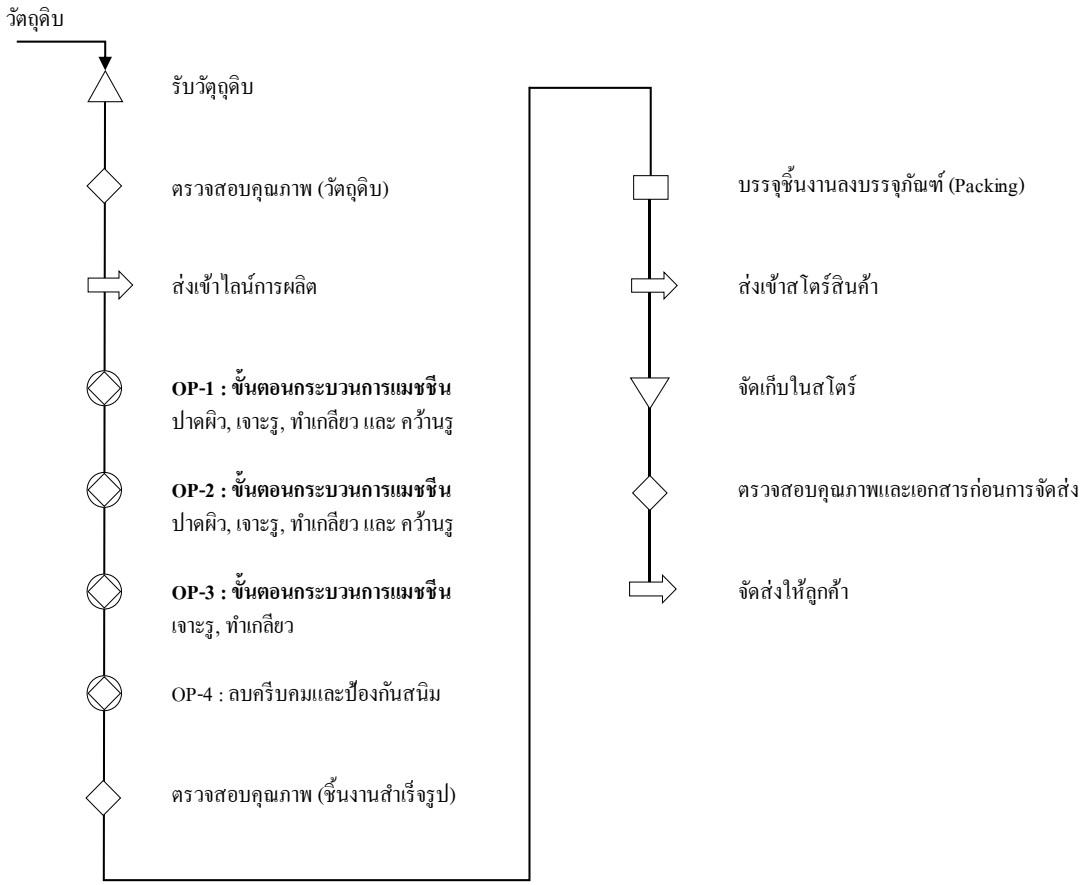
ขั้นตอนที่ 6: การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน ในขั้นตอนนี้จะเป็นการประเมินต้นทุนกระบวนการผลิต ก่อนและหลัง การปรับปรุงโดยผลต่างของต้นทุนกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปวิเคราะห์การลงทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV) และอัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal rate of return: IRR)

ขั้นตอนที่ 7: สรุปผลการดำเนินงาน ในขั้นตอนนี้จะเป็นการสรุปผลการดำเนินงานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่กำหนดไว้

ศึกษากระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตชุดชิ้นส่วนชุดประกอบร่วม Drum brake เป็นกระบวนการผลิตด้วยวิธีการแมชชีนชิ้นงานหล่อขึ้นรูปให้ได้ตามแบบมาตรฐานของลูกค้า โดยมีขั้นตอนการผลิตตามสถานีงานทั้งสิ้น 13 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนการผลิตชิ้นงาน (Flow process chart)

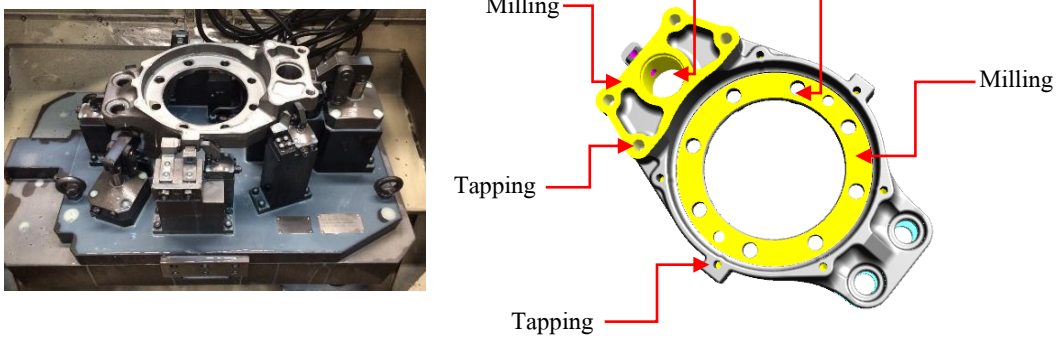


ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนกระบวนการผลิตชิ้นส่วนชุดประกอบร่วม Drum brake

อธิบายกระบวนการแมชชีนผลิตชิ้นงานสำเร็จรูป

กระบวนการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูปชุดประกอบร่วม Drum brake แบ่งเป็นขั้นตอนกระบวนการแมชชีนทั้งสิ้น 3 ขั้นตอน ด้วยเครื่องจักร CNC Machining center จำนวน 2 เครื่อง ในแต่ละเครื่องจักรประกอบด้วย 2 โต๊ะทำงาน (Pallet change) กระบวนการผลิตแสดงได้ดังนี้

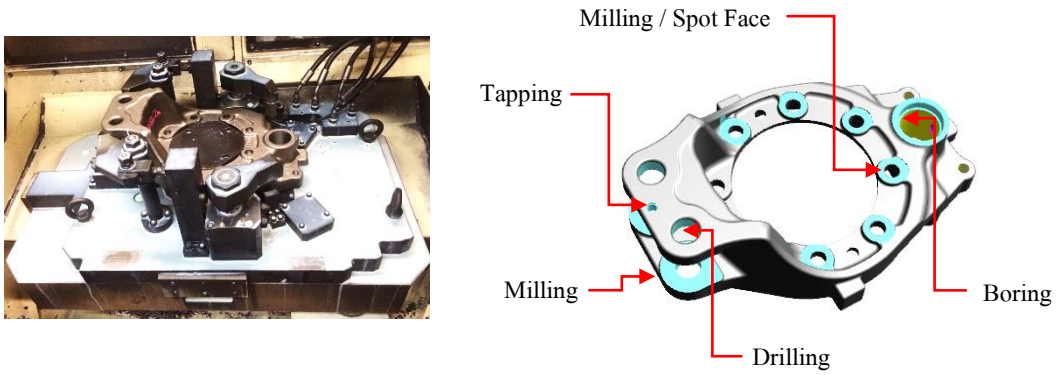
แมชชีนเครื่องที่-1 เป็นกระบวนการแรกของขั้นตอนการผลิตชิ้นงาน (OP1-1, OP1-2) ประกอบด้วย Jig fixture จำนวน 2 ชุดที่เหมือนกัน ขั้นตอนการผลิตของเครื่องจักรประกอบด้วยขั้นตอนการปาดผิวงานหล่อ (Milling) เจาะรูชิ้นงาน (Drilling) ทำเกลียว (Tapping) และคว้านรู (Boring) ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 Jig fixture OP1-1, OP1-2 และกระบวนการแมชชีน OP1-1 และOP1-2

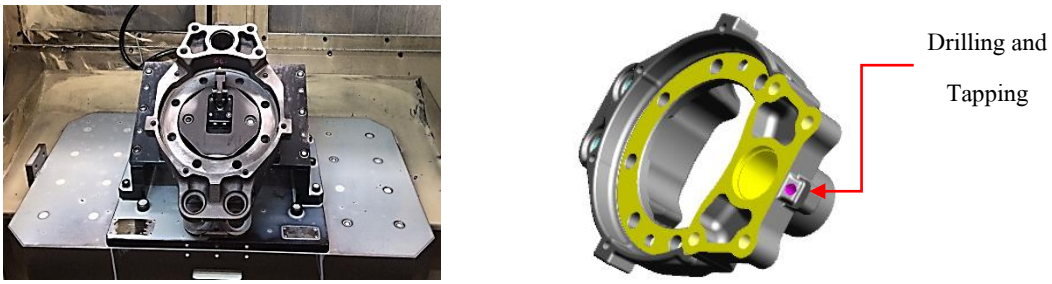
แมชชีนเครื่องที่-2 เป็นกระบวนการแมชชีนชิ้นงานต่อจากกระบวนการ OP1-1 หรือ OP1-2 ในแมชชีนเครื่องที่ 2 นี้ จะประกอบด้วยขั้นตอนการผลิต 2 กระบวนการ คือ กระบวนการที่ 2 และ 3 (OP-2 และ OP-3) ประกอบด้วย Jig fixture จำนวน 2 ชุด ที่แตกต่างกัน โดยแต่ละขั้นตอนการผลิตของเครื่องจักรประกอบด้วยกระบวนการผลิตดังนี้

กระบวนการผลิตที่-2 (OP-2) เครื่องจักรจะแมชชีนชิ้นงานตามกระบวนการผลิต คือ ขั้นตอนการปาดผิวงานหล่อ (Milling) เจาะรูชิ้นงาน (Drilling) ทำเกลียว (Tapping) และคว้านรู (Boring) ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-4 Jig fixture OP-2 และกระบวนการแมชชีน OP-2

กระบวนการผลิตที่-3 (OP-3) ในกระบวนการนี้ต้องรับชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการแมชชีน OP-2 เพื่อนำมาผลิตในกระบวนการที่ 3 ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย การเจาะรูชิ้นงาน (Drilling) และทำเกลียว (Tapping) ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 Jig fixture OP-3 และกระบวนการแมชชีน OP-3

เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลและบ่งชี้ปัญหา

1. เก็บรวบรวมข้อมูล

จากรูปแบบกระบวนการผลิตชุดประกอบร่วม Drum brake ของบริษัทในกรณีศึกษาในด้านกำลังการผลิตของชิ้นงาน ปริมาณการสั่งซื้อ และทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่จำเป็นมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลด้านทรัพยากรในกระบวนการผลิต ข้อมูลด้านทรัพยากรการผลิต

เป็นการสำรวจข้อมูลจากสภาพไลน์การผลิตจริง เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบด้านเศรษฐศาสตร์ก่อนและหลัง การปรับปรุงกระบวนการผลิตดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3-1 ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุง

ลำดับ	ทรัพยากร	จำนวนไลน์ผลิต	จำนวน/ไลน์	รวม	หน่วย
1	เครื่องจักร				
	- CNC MACHINING CENTER	2	2	4	เครื่อง
2	พนักงานฝ่ายผลิต				
	- พนักงาน (รวม 2 กะ การผลิต)	2	4	8	คน
3	เครื่องมือและอุปกรณ์				
	- อุปกรณ์การผลิต	2	1	2	ชุด
	- เครื่องมือตรวจสอบคุณภาพ	2	1	2	ชุด

1.2 ข้อมูลด้านปริมาณการสั่งซื้อจากลูกค้า ข้อมูลด้านปริมาณการสั่งซื้อสินค้าตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม พ.ศ. 2560 ดังตารางที่ 3-2 จะเห็นได้ว่าเดือนที่มีคำสั่งซื้อจากลูกค้ามากที่สุด คือ เดือนมีนาคม เท่ากับ 6,970 ชิ้น และเดือนที่มีคำสั่งซื้อน้อยที่สุด คือ เดือนธันวาคม เท่ากับ 4,560 ชิ้น คิดเป็นค่าเฉลี่ยคำสั่งซื้อต่อเดือนเท่ากับ 5,958 ชิ้นต่อเดือน

ตารางที่ 3-2 ปริมาณสั่งซื้อชิ้นงานตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2560

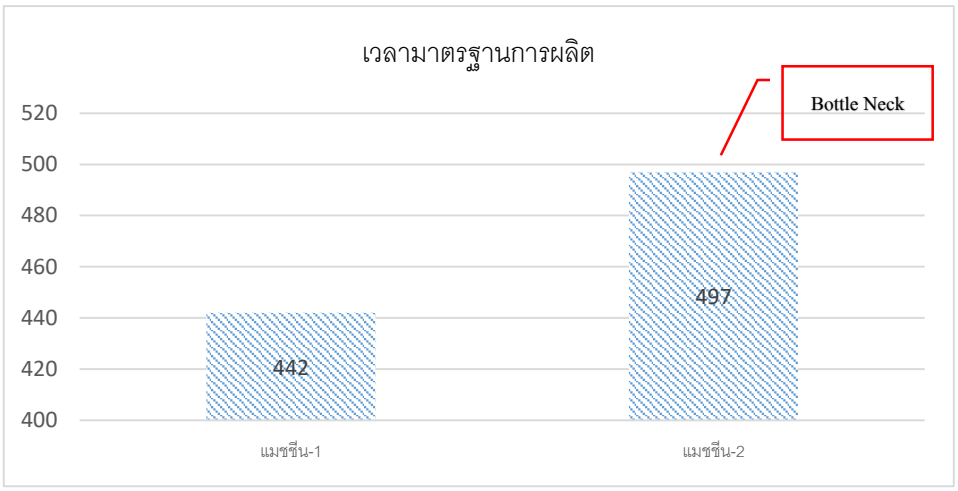
เดือน	ยอดสั่งซื้อต่อเดือน (ชิ้น)	เดือน	ยอดสั่งซื้อต่อเดือน (ชิ้น)
มกราคม	6,300	กรกฎาคม	5,760
กุมภาพันธ์	5,670	สิงหาคม	6,930
มีนาคม	6,970	กันยายน	5,850
เมษายน	6,350	ตุลาคม	5,560
พฤษภาคม	5,540	พฤศจิกายน	6,290
มิถุนายน	5,720	ธันวาคม	4,560
ค่าเฉลี่ยการผลิตต่อเดือนที่ 500 ชม.			5,958

1.3 กำลังการผลิต กำลังการผลิตของไลน์การผลิต สามารถหาได้จากเวลาการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการผลิต แบ่งออกเป็น 3 กระบวนการ ประกอบด้วยเครื่องจักรในสายการผลิตจำนวน 2 เครื่อง/ไลน์การผลิต โดยแต่ละกระบวนการทำงานใช้เวลาในการผลิตที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับจำนวนเครื่องมือที่เครื่องจักรใช้ในการผลิต (Cutting tool) สามารถแสดงได้จากเวลาการทำงานของเครื่องจักรตามโปรแกรมการทำงาน ซึ่งถือได้ว่าเป็นเวลามาตรฐานของการผลิต ดังตารางเวลาการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 เวลาการทำงานของเครื่องจักรในรอบการผลิต

กระบวนการผลิต	แมชชีนเครื่องที่ 1		แมชชีนเครื่องที่ 2	
	เวลาเครื่องจักร (วินาที)	เวลาพนักงาน (วินาที)	เวลาเครื่องจักร (วินาที)	เวลาพนักงาน (วินาที)
OP-1	442	-	-	-
OP-2	-	-	425	-
OP-3	-	-	72	-
Cycle time	442	-	497	-

จากตารางที่ 3-3 เป็นค่าเวลาการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งไม่แสดงเวลาการทำงานของพนักงาน เนื่องจากคุณสมบัติของเครื่องจักรเป็นแบบ 2 โต๊ะการทำงาน มีผลทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่เกิดเวลารอคอยในการนำชิ้นงาน เข้า-ออก จากเครื่องจักร ดังนั้นเวลาการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูป 1 รอบการผลิต จึงถูกกำหนดด้วยเวลาที่นานที่สุดของเครื่องจักร (Cycle time) ดังภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 กราฟแสดงเวลาการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูปใน 1 รอบกระบวนการผลิต

จากภาพกราฟที่ 3-6 สามารถคำนวณกำลังการผลิตในเวลาการทำงาน 1 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ

กำลังการผลิต = เวลาในการผลิต (3,600 วินาที) ÷ เวลาการผลิตใน 1 รอบ (497 วินาที)

= มีค่าเท่ากับ 7.24 ชิ้น/ชั่วโมง/ไลน์การผลิต

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลด้านกำลังการผลิตของกระบวนการ เมื่อนำไปคำนวณกับเวลาการผลิตตามแผนงานการผลิตของโรงงานได้ดังนี้

2.1 คำนวณยอดการผลิตตามแผนงานใน 1 วัน/กะ การผลิต

การทำงานปกติ = 480 นาที

ประชุมแผนงาน = 15 นาที

เวลาพักระหว่างช่วงเวลาทำงาน = 30 นาที

เวลาการทำงานต่อวัน = 480-15-30 นาที

= 435 นาที

คำนวนกำลังการผลิตในช่วงเวลาการทำงานปกติจะได้เท่ากับ

= (435 นาที x 60 วินาที) ÷ (497 วินาที)

= 52.5 ชิ้น/กะ/ไลน์การผลิต

คำนวนกำลังการผลิตในช่วงล่วงเวลาการทำงานจะได้เท่ากับ

ชั่วโมงการทำงานล่วงเวลา = 150 นาที

= (150 นาที x 60 วินาที) ÷ (497 วินาที)

= 18 ชิ้น/กะ/ไลน์การผลิต

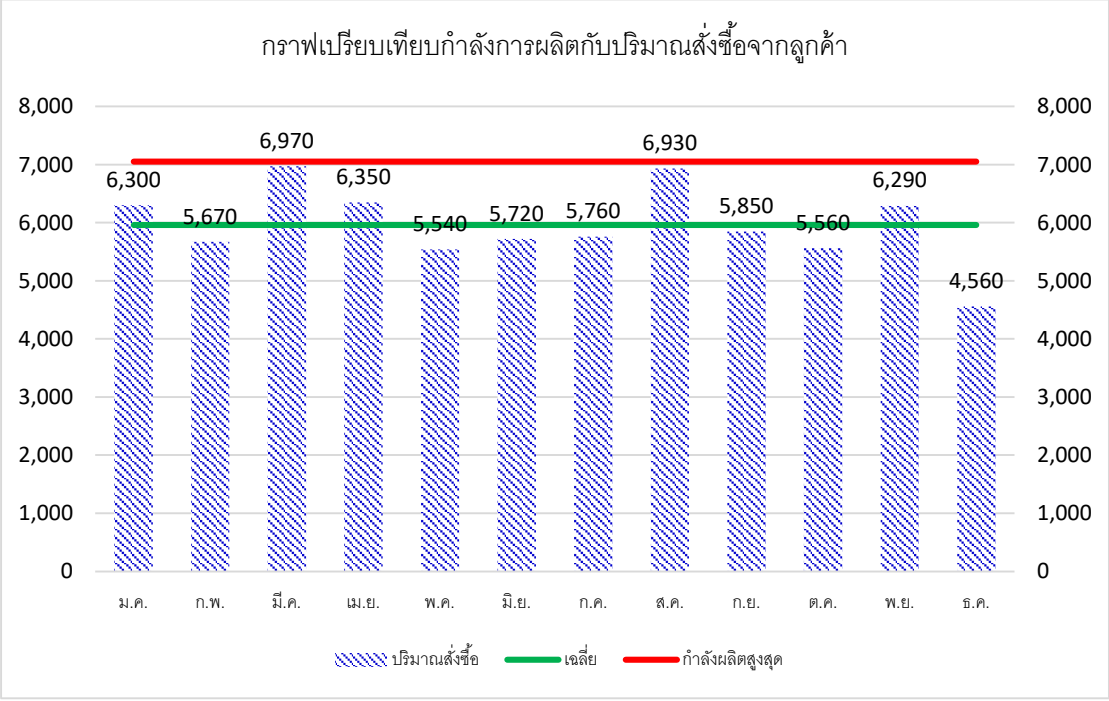
คำนวณกำลังการผลิตของไลน์ใน 1 เดือน ที่เวลาทำงานทำงาน 25 วัน ได้ดังนี้

กำลังการผลิตของไลน์ = กำลังการผลิตใน 1 วัน x กะผลิต x วันทำงาน

= (52.5 + 18) x 2 กะ x 25 วันทำงาน

= 3,525 ชิ้น/เดือน /ไลน์การผลิต

2.2 เปรียบเทียบกำลังการผลิตกับปริมาณคำสั่งซื้อจากลูกค้า เมื่อพิจารณาจากกำลังการผลิตของโรงงานจำนวน 2 ไลน์การผลิตจะมีค่าเท่ากับ 7,050 ชิ้น/เดือน ซึ่งมีค่าสูงกว่ายอดการสั่งซื้อโดยเฉลี่ยของลูกค้าในปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 15.50% หากปริมาณความต้องการของลูกค้าเพิ่มขึ้น กำลังการผลิตของโรงงานอาจไม่สามารถรองรับได้ ดังนั้นการปรับปรุงกระบวนการผลิตและต้นทุนชิ้นงาน จึงเป็นสิ่งที่บริษัทให้ความสำคัญเป็นลำดับต้น ๆ ในการพัฒนากระบวนการผลิตให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้โดยที่ต้นทุนการผลิตไม่สูงกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้



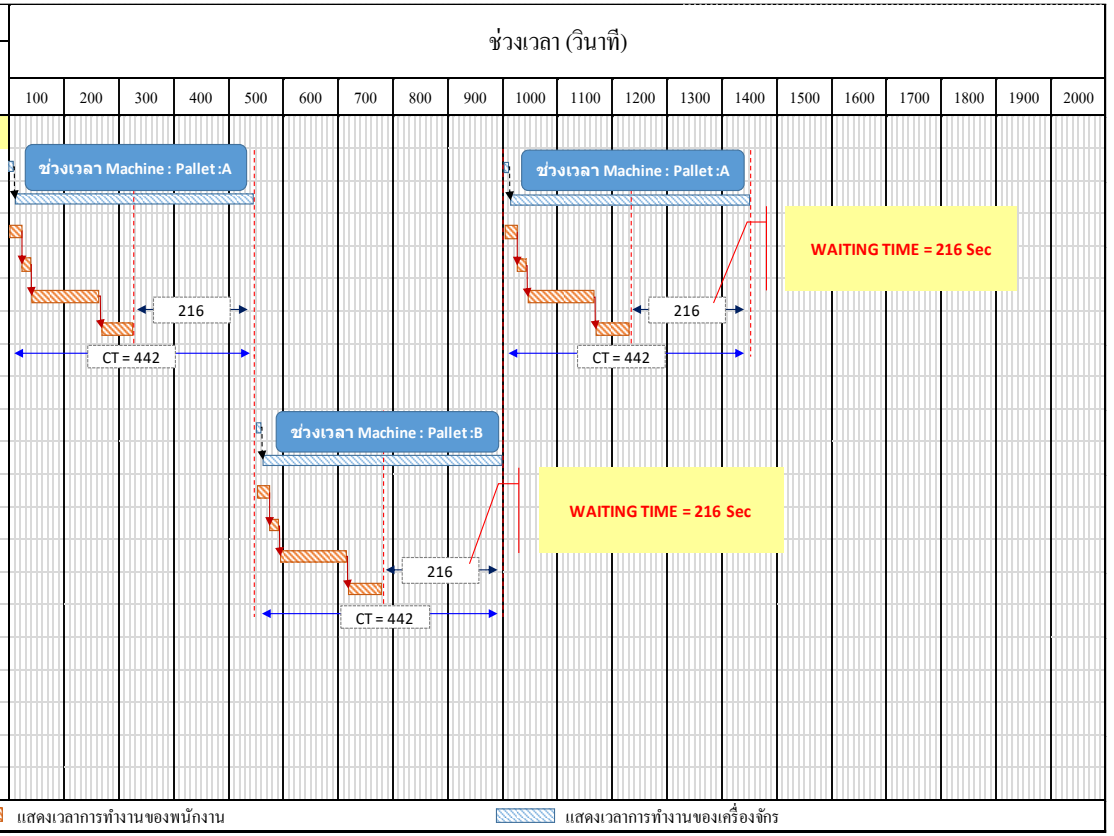
ภาพที่ 3-7 กราฟเปรียบเทียบกำลังการผลิตกับปริมาณสั่งซื้อจากลูกค้า

2.3 เปรียบเทียบเวลาการทำงานของพนักงานและเครื่องจักร กิจกรรมการทำงานของพนักงานเพื่อผลิตชิ้นงานสำเร็จรูป สามารถแบ่งตามหน้าที่การทำงานของพนักงานตามกระบวนการผลิต ซึ่งประกอบด้วยพนักงานประจำเครื่องจักรจำนวน 2 คน/ไลน์การผลิต ในการควบคุมเครื่องจักรจำนวน 2 เครื่อง/ไลน์การผลิต โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการทำงานและเวลาที่ใช้แต่ละขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3-4 กิจกรรมการทำงานและเวลามาตรฐานการทำงานปัจจุบัน

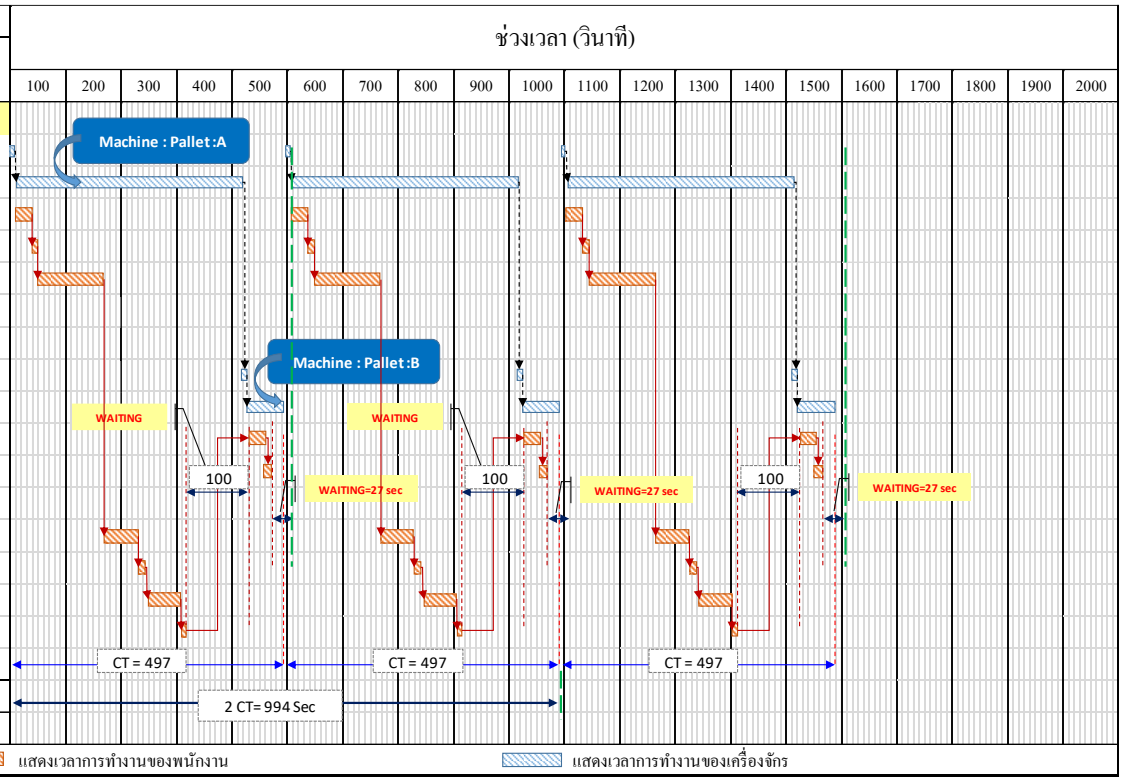
กิจกรรมการผลิต	ชื่อขั้นตอน	เวลาเครื่องจักร (วินาที)	พนักงาน	เวลาทำงานพนักงาน (วินาที)
เครื่องจักรหมุน (Pallet change)	OP-1	5	-	-
เครื่องจักรทำงาน (Machine-1: Pallet-A)	OP-1	437	-	-
เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร	OP-1	-	คนที่-1	24
ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน	OP-1	-	คนที่-1	16
ลบครีบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด	OP-1	-	คนที่-1	126
ตรวจสอบคุณภาพ	OP-1	-	คนที่-1	60
รวมเวลาเครื่องจักรและพนักงานทำงาน		**442**		**226**
เครื่องจักรหมุน (Pallet change)	OP-2	5	-	-
เครื่องจักรทำงาน (Machine-2:Pallet-A)	OP-2	420	-	-
เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร	OP-2	-	คนที่-2	30
ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน	OP-2	-	คนที่-2	15
ลบครีบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด	OP-2	-	คนที่-2	120
เครื่องจักรหมุน (Pallet change)	OP-3	5	-	-
เครื่องจักรทำงาน (Machine-2:Pallet-B)	OP-3	67	-	-
เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร	OP-3	-	คนที่-2	30
ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน	OP-3	-	คนที่-2	15
ลบครีบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด	OP-3	-	คนที่-2	15
ตรวจสอบคุณภาพ	-	-	คนที่-2	60
จุ่มน้ำยากันสนิม	-	-	คนที่-2	15
เป่าทำความสะอาดชิ้นงาน	-	-	คนที่-2	60
บรรจุชิ้นงาน (Packing)	-	-	คนที่-2	10
รวมเวลาเครื่องจักรและพนักงานทำงาน		**497**		**370**

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)		
		เครื่องจักร-1		พนักงาน
		Pallet:A	Pallet:B	
	พนักงานคนที่-1			
1	เครื่องจักรหมุน (Pallet Change)	5		-
2	เครื่องจักรทำงาน (Process Machie : OP-1)	437		-
3	เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร	-		24
4	ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน	-		16
5	ลบคริบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด	-		126
6	ตรวจสอบคุณภาพ	-		60
		442		**226**
1	เครื่องจักรหมุน (Pallet Change)		5	-
2	เครื่องจักรทำงาน (Process Machie : OP-1)		437	-
3	เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร		-	24
4	ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน		-	16
5	ลบคริบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด		-	126
6	ตรวจสอบคุณภาพ		-	60
			442	**226**



ภาพที่ 3-8 ความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตระหว่างพนักงานและเครื่องจักร คนที่-1

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)		
		เครื่องจักร-2		พนักงาน
		Pallet:A	Pallet:B	
	พนักงานคนที่-2			
1	เครื่องจักรหมุน (Pallet Change)	5	-	-
2	เครื่องจักรทำงาน (Process Machine : OP-2)	420	-	-
3	เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร : OP-3	-	-	30
4	ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน : OP-3	-	-	15
5	ลบคริบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด	-	-	120
6	เครื่องจักรหมุน (Pallet Change)		5	-
7	เครื่องจักรทำงาน (Process Machine : OP-3)		67	-
8	เป่างาน นำชิ้นงาน เข้า-ออก เครื่องจักร	-		30
9	ยึดชิ้นงาน ปิดประตู กดปุ่มเริ่มทำงาน	-		15
10	ลบคริบชิ้นงานและเป่าทำความสะอาด	-		15
11	ตรวจสอบคุณภาพ	-		60
12	จุ่มน้ำยากันสนิม	-		15
13	เป่าทำความสะอาดชิ้นงาน	-		60
14	บรรจุชิ้นงาน (Packing)	-		10
		425	**72**	
		497		**370**



ภาพที่ 3-9 ความสัมพันธ์ของกระบวนการผลิตระหว่างพนักงานและเครื่องจักร คนที่-2

จากภาพที่ 3-8 และ 3-9 ความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรจะเห็นได้ว่า ในกระบวนการผลิต พนักงานคนที่ 1 รอคอยการทำงานของเครื่องจักร 216 วินาที และพนักงานคนที่ 2 รอคอยการทำงานของเครื่องจักร 127 วินาที คิดเป็นอัตราส่วนการทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักรใน 1 รอบกระบวนการผลิตได้เท่ากับ

อัตราส่วนการทำงาน = เวลาการทำงานของคน ÷ เวลาการทำงานของเครื่องจักร

= (226 + 370) ÷ (442 + 497)

= 0.635

หรือคิดเป็น = 63.50%

ซึ่งหมายความว่า พนักงานทำงานเป็น 63.50% ของเวลาการทำงานของเครื่องจักร และหากมีการปรับเปลี่ยนการทำงานโดยใช้พนักงาน 1 คนในการผลิต จะทำให้กำลังการผลิตลดลง เนื่องจากเครื่องจักรเกิดการรอคอยการทำงานของพนักงาน ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 3-4 จะเห็นได้ว่า การรวมกิจกรรมการทำงานของพนักงานคนที่ 1 และ 2 ต้องใช้เวลาการทำงานทั้งสิ้นเท่ากับ 596 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สูงกว่าเวลาการทำงานของเครื่องจักรในการผลิต

2.4 ต้นทุนการผลิตของชิ้นงาน ต้นทุนการผลิตของชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาต้นทุนการผลิตของชิ้นงานเพื่อประเมินความคุ้มค่าจากการลงทุนก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยใช้วิธิการประมาณต้นทุนการผลิตจากสมการที่ 3-1 เป็นตัวแทนของต้นทุนการผลิตในกระบวนการผลิตปัจจุบัน

ต้นทุนการผลิตชิ้นงาน = ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ + ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน + ค่าโสหุ้ย (3-1)

2.4.1 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ

ต้นทุนค่าวัตถุดิบ = ค่าวัตถุดิบชิ้นงาน (Material) + มีดตัดหรือกลึง (Cutting tool)

= 437.5 + 87.24

= 524.74 บาท/ชิ้น

<u>หมายเหตุ</u> ** ค่าวัตถุดิบและค่าเครื่องมืออ้างอิงข้อมูลจากทางบัญชีของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นต้นทุนมาตรฐาน (Standard cost) ส่วนต้นทุนที่แท้จริงไม่สามารถเปิดเผยได้

2.4.2 การคำนวณต้นทุนแรงงาน

ค่าแรงงาน = เงินเดือน + ค่าล่วงเวลา + โบนัส

เงินเดินพนักงานประจำ = <u>10,900</u> บาท/เดือน

ค่าล่วงเวลา = ค่าแรงต่อชั่วโมงเฉลี่ย x จำนวนชั่วโมงล่วงเวลา

ค่าแรงล่วงเวลา = (10,900 บาท ÷ 30 วัน ÷ 8 ชั่วโมง) x 1.5

= 68.13 บาท/ชั่วโมง

จำนวนชั่วโมงล่วงเวลา = ชั่วโมงวันทำงานปกติ + ชั่วโมงวันหยุด

= (2.50 ช.ม. x 22 วัน) + (10.50 ช.ม. x 3 วัน)

= 86.50 ชั่วโมง/เดือน

ดังนั้นค่าแรงล่วงเวลาเท่ากับ

= 68.13 (บาท/ชั่วโมง) x 86.50 (ชั่วโมง/เดือน)

= 5,900 บาท/เดือน

หมายเหตุ ** เวลาการทำงานผลิตปกติของไลน์ สามารถรองรับกำลังการผลิตได้สูงสุดเท่ากับ 2,548 ชิ้น/ไลน์การผลิต หรือเท่ากับ 5,096 ชิ้น/เดือน ซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของลูกค้าที่ค่าเฉลี่ย 5,958 ชิ้น/เดือน (อ้างอิงตามตารางที่ 3-2)

โบนัส = เงินเดือน x จำนวนเดือนการจ่ายโบนัส

= 10,900 (บาท/เดือน) x 3 (เดือน/ปี)

= 32,700 บาท/ปี

หรือคิดเป็น = 2,725 บาท/เดือน

ร่วมค่าแรงพนักงาน = 10,900 + 5,900 + 2,725

= 19,525 บาท/เดือน/คน

คิดเป็นต้นทุนค่าแรงงาน บาท/ชิ้น ได้ดังนี้

ยอดการผลิต = 3,525 ชิ้น/เดือน

ดังนั้นต้นทุนค่าแรง = (ค่าแรง x จำนวนพนักงาน x กะ) ÷ ยอดการผลิต

= {19,525 (บาท/เดือน) x 2 คน x 2 กะ} ÷ 3,525 (ชิ้น/เดือน)

= 22.16 บาท/ชิ้น

หมายเหตุ ** อัตราเงินเดือน โบนัสและชั่วโมงการผลิต อ้างอิงข้อมูลพื้นฐานของบริษัทในกรณีศึกษาเท่านั้น ซึ่งข้อมูลที่แท้จริงไม่สามารถเปิดเผยได้

2.4.3 การคำนวณต้นทุนค่าโสหุ้ย ค่าเสื่อมเครื่องจักร ถือได้ว่าเป็นต้นทุนการผลิตชิ้นงานที่มีค่าสูงในการแยกต้นทุนกระบวนการผลิตเมื่อเทียบกับต้นทุนประเภทอื่น ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ค่าเสื่อมเครื่องจักรจะถูกนำมาใช้พิจารณาเป็นตัวแทนของค่าโสหุ้ยของกระบวนการผลิตเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบการลงทุน ก่อนและหลัง การปรับปรุงกระบวนผลิตซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าเสื่อมเครื่องจักร = {(ราคาเครื่องจักร ÷ จำนวนปีค่าเสื่อม) x จำนวนเครื่องจักร
÷ ยอดการผลิตต่อปี
= {(4,700,000 บาท ÷ 10 ปี) x 2 เครื่อง}÷
(3,525 ชิ้น/เดือน x 12 เดือน/ปี)
= 22.22 บาท/ชิ้น/ไลน์

ดังนั้นต้นทุนการผลิตของชิ้นงานชุดประกอบร่วม Drum brake ตามสมการที่ 3-1 สามารถประมาณการได้ดังนี้

ต้นทุนการผลิตชิ้นงาน = ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ + ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน
+ ค่าโสหุ้ย
= 524.74 บาท + 22.16 บาท + 22.22 บาท
= 569.12 บาท/ชิ้น

จากข้อมูลที่ได้จากการคำนวนต้นทุนการผลิตชิ้นงานชุดประกอบร่วม Drum brake ซึ่งมีมูลค่าเท่ากับ 569.12 บาท/ชิ้น จะถูกนำไปใช้เพื่อพิจารณาและเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์หลังการปรับปรุง ตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต่อไป

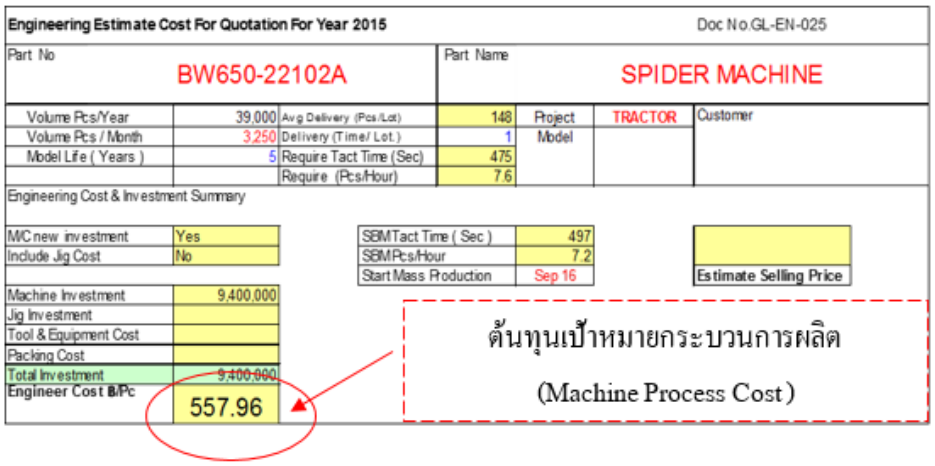
3. การบ่งชี้ประเด็นปัญหา

จากสภาพการผลิตปัจจุบัน พบว่า ความเชื่อมโยงระหว่างกำลังการผลิตและประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน ทำให้เกิดประเด็นสำคัญของปัญหาในด้านต้นทุนการผลิตที่สูงกว่าเป้าหมายของโรงงาน (เป้าหมายต้นทุนโรงงาน Process machine cost เท่ากับ 557.96 บาท/ชิ้น) เนื่องจากสาเหตุที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตามข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์ดังนี้

3.1 ปัญหาต้นทุนการผลิตด้านแรงงานสูง จากข้อมูลตารางที่ 3-4 กิจกรรมการผลิตระหว่างคนและเครื่องจักรพบว่า พนักงานมีอัตราส่วนการทำงาน 63.50% เมื่อเทียบกับการทำงานของเครื่องจักร ทำให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูญเปล่า

3.2 การปรับเปลี่ยนการผลิตโดยการลดพนักงานเหลือ 1 คนในกระบวนการผลิต จะทำกิจกรรมการทำงานของพนักงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องควบคุมเครื่องจักรจำนวน 2 เครื่อง และจากการตรวจสอบเวลาการทำงานของพนักงานจะมากกว่าเวลามาตฐานการผลิต ซึ่งส่งผลต่อกำลังการผลิตและการส่งมอบชิ้นงานให้กับลูกค้าได้ไม่ตรงตามเป้าหมาย

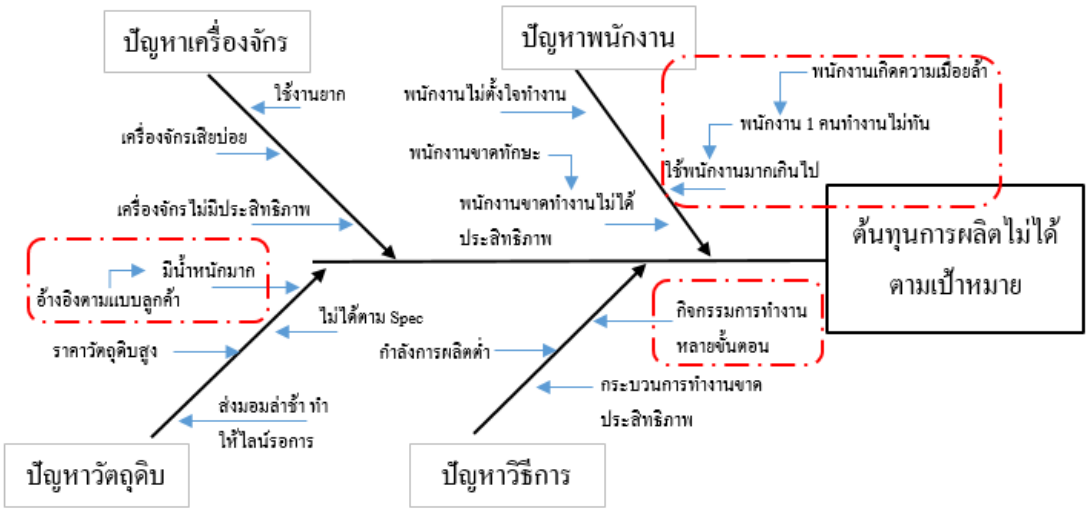
3.3 การเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นทำได้ยาก เนื่องจากเกิดข้อร้องเรียนจากพนักงานเรื่องความเมื่อยล้าในการทำงาน เพราะต้องยกชิ้นงานหนัก 12.5 กิโลกรัม เข้า-ออก เครื่องจักรจำนวนมากกว่า 6 ครั้ง/รอบ หรือคิดเป็นน้ำหนักโดยเฉลี่ยที่พนักงานยกชิ้นงานเท่ากับ 75 กิโลกรัม ในการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูป 1 ชิ้น



ภาพที่ 3-10 เป้าหมายต้นทุนกระบวนการผลิต (Process machine cost)

วิเคราะห์สาเหตุและนำเสนอแนวทางการปรับปรุง

1. จากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้น สามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริงด้วยแผนภูมิก้างปลา โดยปัญหาการผลิตที่ถูกนำมาพิจารณาในการปรับปรุง คือ กิจกรรมการทำงานของพนักงานที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตและต้นทุนในกระบวนการที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมายดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3-11 แผนผังก้างปลาแสดงเหตุและผล

จากภาพที่ 3-11 แผนผังก้างปลาเมื่อนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตที่ได้นำเสนอก่อนหน้านี้ พบว่า สาเหตุของปัญหาที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงไม่ได้ตามเป้าหมายเนื่องจากสาเหตุและปัจจัยการทำงานที่มีความสัมพันธ์กันดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ความสัมพันธ์ของต้นทุนและปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

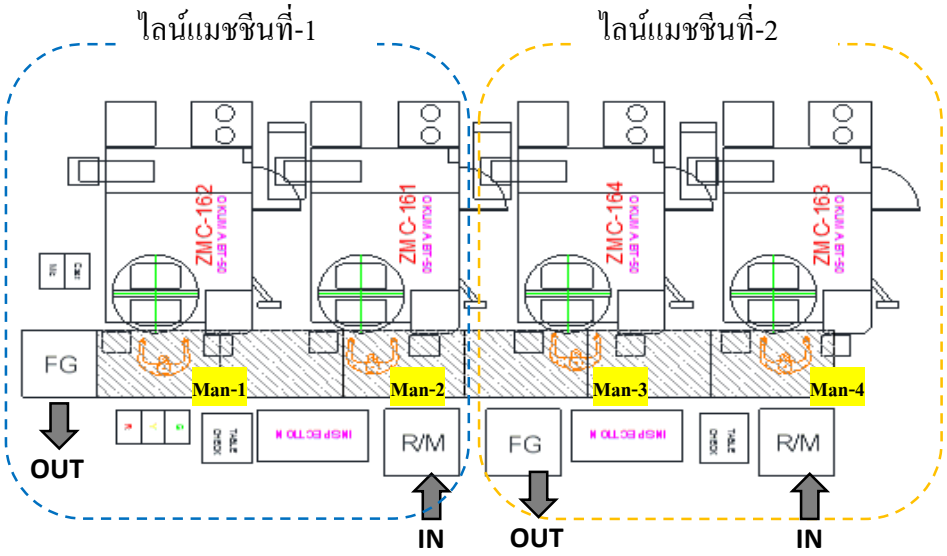
ขั้นตอน	ข้อบกพร่อง	สาเหตุ
การผลิตชุดประกอบร่วม Drum brake	ต้นทุนการผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย (สูง)	1. ใช้พนักงานในการผลิตมากเกินไป เนื่องจากอัตราส่วนการทำงานระหว่างคนและเครื่องจักรมีค่าเท่ากับ 63.5% 2. จำนวนพนักงาน 1 คน/ไลน์การผลิต ไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมาย เนื่องจากเกิดการรอคอยในกระบวนการผลิต 3. น้ำหนักของชิ้นงานส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงาน คือ พนักงานเกิดความเมื่อยล้ามากกว่าการผลิตชิ้นงานประเภทอื่น

2. แนวทางการปรับปรุง เพื่อเป็นการตอบสนองต่อนโยบายของบริษัทในกรณีศึกษาด้านการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ทันสมัยและตอบรับกับอุตสาหกรรม 4.0 ดังนั้นการลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการใช้เทคโนโลยีการผลิตด้านหุ่นยนต์อุตสาหกรรมเข้ามาช่วยในกระบวนการผลิตร่วมกับพนักงาน เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต และเพิ่มเสถียรภาพในกระบวนการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. การศึกษาและปรับปรุงพื้นที่ไลน์การผลิต (Process layout)

การออกแบบไลน์การผลิตเพื่อให้สามารถใช้งานหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ จำเป็นต้องศึกษาพื้นที่การผลิตในปัจจุบันเทียบกับระยะการทำงานของหุ่นยนต์ที่เลือกใช้ในการทำงาน ทั้งนี้การออกแบบพื้นที่ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงาน และกระบวนการไหลเข้าหรือออกของงานในกระบวนการผลิตด้วย

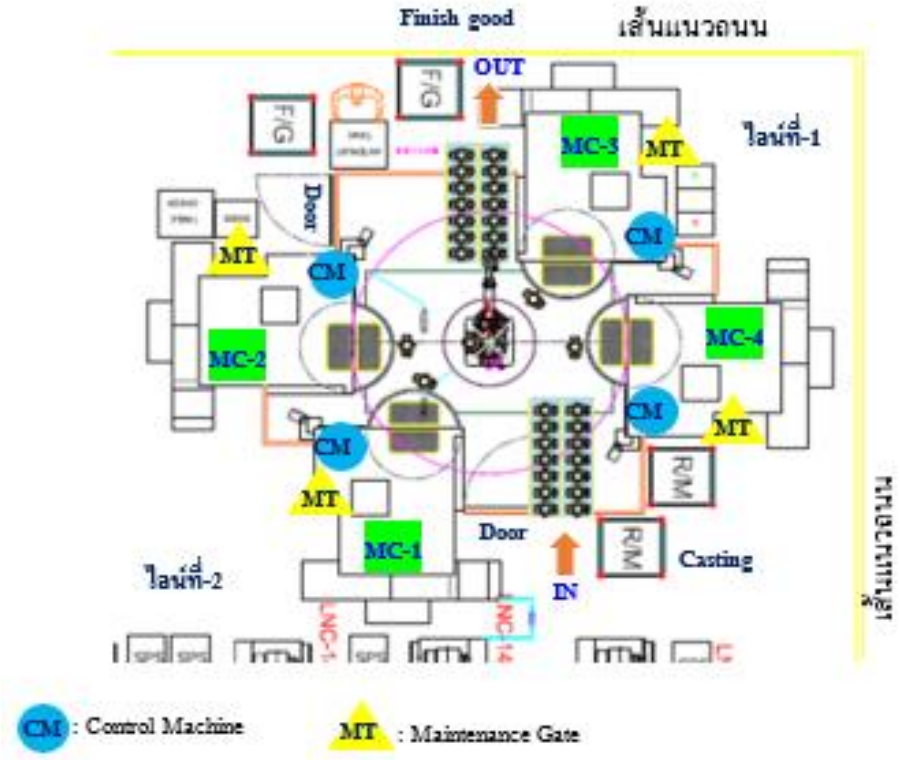


ภาพที่ 3-12 แผนผังไลน์การผลิต (Layout) ก่อนการปรับปรุง

รูปแบบการปรับปรุงพื้นที่ไลน์การผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตชิ้นงานได้อย่างราบรื่นและสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องภายในองกรณ์ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงพื้นที่ไลน์การผลิตแบ่งเป็น 3 แนวความคิด โดยมีวัตถุประสงค์ในการออกแบบพื้นที่ไลน์ผลิต คือ ไลน์การผลิตที่ประกอบด้วยเครื่องจักร CNC machining center

จำนวน 4 เครื่อง ต้องสามารถทำงานร่วมกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 1 ตัวได้ และต้องมีพื้นที่สำหรับตำแหน่งทางเข้าและออก สำหรับการซ่อมบำรุงเครื่องจักรที่สะดวกต่อการทำงาน โดยรูปแบบแนวความคิดของไลน์การผลิตที่ทำการบำรุงสามารถแสดงได้ดังนี้

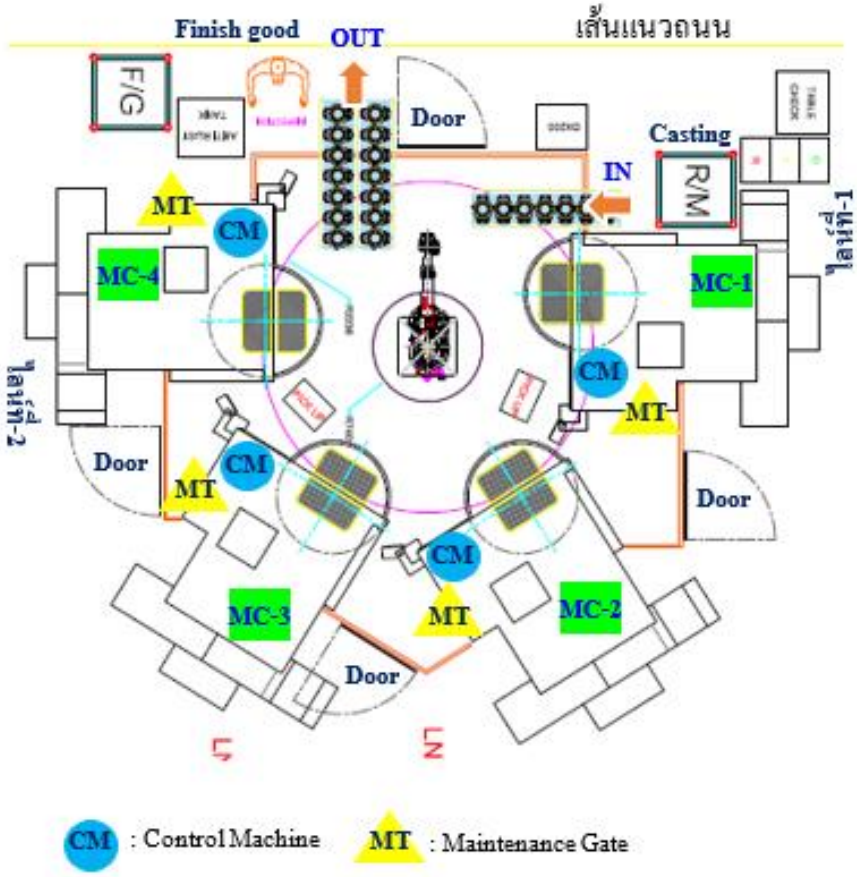
<u>รูปแบบแนวความคิดที่ 1</u>



ภาพที่ 3-13 แนวความคิดการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 1

จากรูปแบบการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 1 เป็นการเลือกจัดพื้นที่การผลิตโดยให้เครื่องจักรวางให้ตำแหน่งตั้งฉากซึ่งกันและกันระหว่างไลน์การผลิตที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าตำแหน่งทางเข้าและทางออกของชิ้นงานอยู่ฝั่งตรงข้ามกัน ในการโหลดวัตถุดิบพนักงานต้องเดินอ้อมเครื่องจักรเพื่อโหลดงานวัตถุดิบเข้าในระบบการผลิต พื้นที่จุดควบคุมเครื่องจักร (CM) อยู่ภายในรั้วกั้นการทำงานของหุ่นยนต์ และตำแหน่งทางเข้าออกสำหรับการซ่อมบำรุงเครื่องจักร (MT) อยู่ภายนอกรั้วกั้น

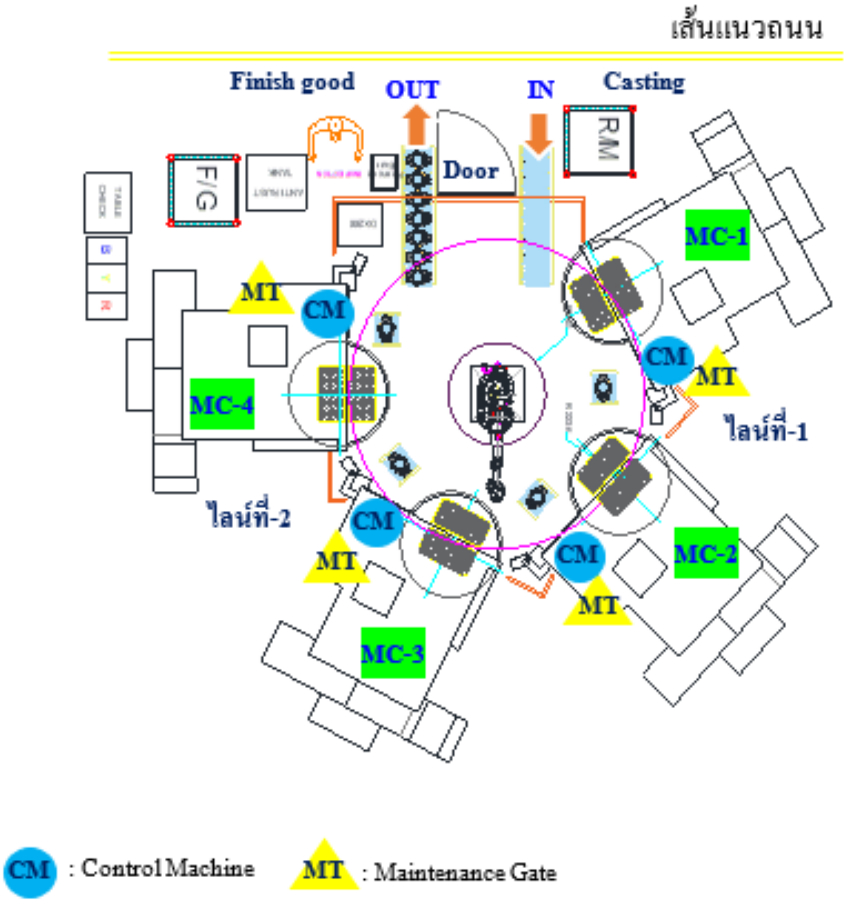
<u>รูปแบบแนวความคิดที่ 2</u>



ภาพที่ 3-14 แนวความคิดการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 2

จากรูปแบบการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 2 เป็นการเลือกจัดพื้นที่การผลิตโดยให้เครื่องจักรวางให้ตำแหน่งแนวรัศมีการทำงานของหุ่นยนต์จำนวน 4 เครื่อง มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม จะเห็นได้ว่าตำแหน่งการโหลดวัตถุดิบอยู่บริเวณด้านหน้าในทิศทางเดียวกับพื้นที่การทำงานของพนักงาน ทำให้ง่ายต่อการโหลดงานวัตถุดิบเข้าในระบบการผลิต พื้นที่จุดควบคุมเครื่องจักร (CM) และตำแหน่งทางเข้าออกสำหรับการซ่อมบำรุงเครื่องจักร (MT) อยู่ภายในรั้วกั้นระหว่างการทำงานของหุ่นยนต์

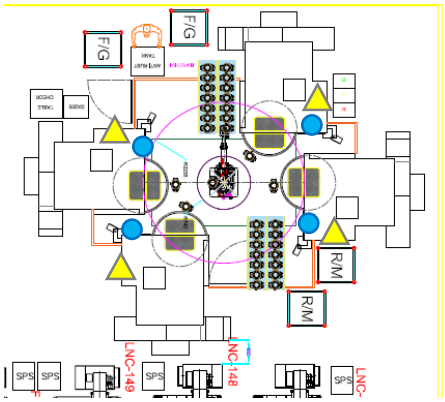
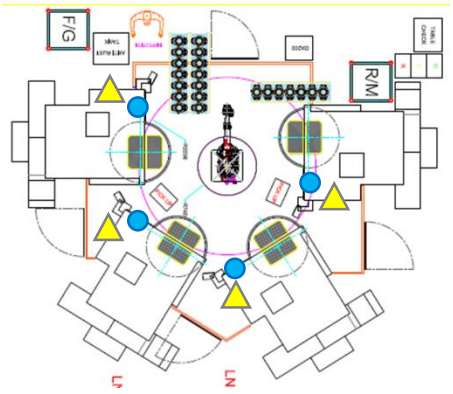
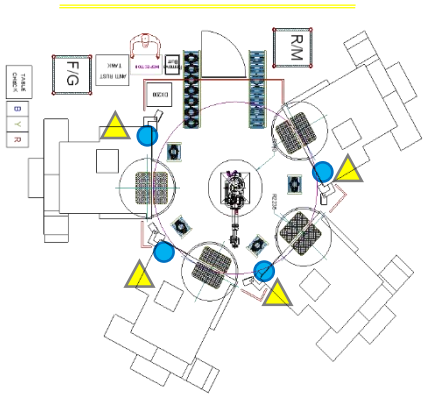
รูปแบบแนวความคิดที่ 3



ภาพที่ 3-15 แนวความคิดการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 3

จากรูปแบบการปรับปรุงพื้นที่การผลิตที่ 3 เป็นการเลือกจัดพื้นที่การผลิตโดยให้เครื่องจักรวางให้ตำแหน่งแนวรัศมีการทำงานของหุ่นยนต์จำนวน 4 เครื่อง เช่น เดียวกับแนวความคิดที่-2 แต่ปรับพื้นที่บริเวณด้านหน้าไลน์การผลิตให้มีความกว้างมากขึ้นเพื่อความสะดวกในการทำงานของพนักงาน ตำแหน่งการโหลดวัตถุดิบอยู่บริเวณด้านหน้าไลน์การผลิตและอยู่ใกล้กับพนักงานมากขึ้นง่ายต่อการโหลดงานวัตถุดิบเข้าในระบบการผลิต พื้นที่จุดควบคุมเครื่องจักร (CM) อยู่ภายในรั้วกั้นการทำงานของหุ่นยนต์และตำแหน่งทางเข้าออกสำหรับการซ่อมบำรุงเครื่องจักร (MT) อยู่ภายนอกรั้วกั้น

ตารางที่ 3-6 สรุปรูปแบบแนวความคิดการออกแบบพื้นที่ไลน์การผลิต

รูปแบบพื้นที่ไลน์การผลิต	ข้อดี	ข้อเสีย
<u>รูปแบบ-1</u> Control M/T 	- สามารถจัด Layout ได้ง่ายเนื่องจากเครื่องตั้งทำมุมฉากซึ่งกันและกัน - เกิดพื้นที่สูญเสียระหว่างเครื่องจักรน้อย	- จุดเข้าออกของชิ้นงานไม่อยู่ด้านตำแหน่งเดียวกัน ทำให้พนักงานทำงานไม่สะดวก - จุดควบคุมและซ่อมบำรุงเครื่องจักรทำได้ยากไม่สะดวกต่อการใช้งาน
<u>รูปแบบ-2</u> Control M/T 	- จุดเข้าออกของชิ้นงานอยู่ในทิศทางเดียวกันกับการทำงานของพนักงาน - จุดควบคุมเครื่องจักรสามารถทำได้ง่าย	- เกิดพื้นที่สูญเสียมากกว่าแบบที่-1 - จุด M/T ทำได้ยากเนื่องจากอยู่ในรั้วกันพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ และการจัด Layout ทำได้ยาก
<u>รูปแบบ-3</u> Control M/T 	- จุดเข้าออกของชิ้นงานอยู่ในทิศทางเดียวกันกับพนักงาน และใกล้กว่าแบบที่-2 - จุดควบคุมเครื่องจักรสามารถทำได้ง่าย - การ M/T ทำได้ง่าย	- เกิดพื้นที่สูญเสียมากกว่าแบบที่-1 - การจัด Layout ทำได้ยาก

จากรูปแบบแนวความคิดในการปรับปรุงพื้นที่ไลน์การผลิตทั้ง 3 รูปแบบ ผู้วิจัยได้จัดทำตารางการคัดเลือกเพื่อหาแนวความคิดที่เหมาะสมในการปรับปรุงมากที่สุด โดยการให้คะแนนระดับความสำคัญแบ่งเป็น 5 ระดับ และมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในกลุ่มบริษัทศึกษาร่วมกันพิจารณาในการให้คะแนนประกอบด้วย แผนกวิศวกรรม แผนกซ่อมบำรุง แผนกรับประกันคุณภาพ และแผนกผลิต ซึ่งผลการให้คะแนนและคัดเลือกรูปแบบในการปรับปรุงพื้นที่ไลน์การผลิต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3-7 การคัดเลือกรูปแบบพื้นที่ไลน์การผลิตในการปรับปรุง

ข้อ	หัวข้อในการพิจารณา	แนวความคิดที่ 1	แนวความคิดที่ 2	แนวความคิดที่ 3
1	ความสะดวกในการทำงานของพนักงาน	2	4	5
2	ความสะดวกในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร	5	3	5
3	ความยากง่ายในการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรตามแนวความคิด	5	4	4
4	ความยากง่ายในการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต	4	5	5
5	ความสวยงามของไลน์การผลิต	5	4	5
	รวมคะแนน	21	20	24

<u>ความหมายของระดับคะแนนความสำคัญ</u>

ระดับคะแนน 1 คะแนน น้อยที่สุด

ระดับคะแนน 2 คะแนน น้อย

ระดับคะแนน 3 คะแนน น้อยปานกลาง

ระดับคะแนน 4 คะแนน ดี

ระดับคะแนน 5 คะแนน ดีมาก

จากตารางที่ 3-7 รูปแบบแนวความคิดที่ได้รับการคัดเลือกในการปรับปรุงพื้นที่ไลน์การผลิตได้แก่ แนวความคิดที่ 3 เนื่องจากมีคะแนนสูงที่สุดเท่ากับ 24 คะแนน จากการลงคะแนนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในบริษัทกรณีศึกษา

2. การคัดเลือกหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต

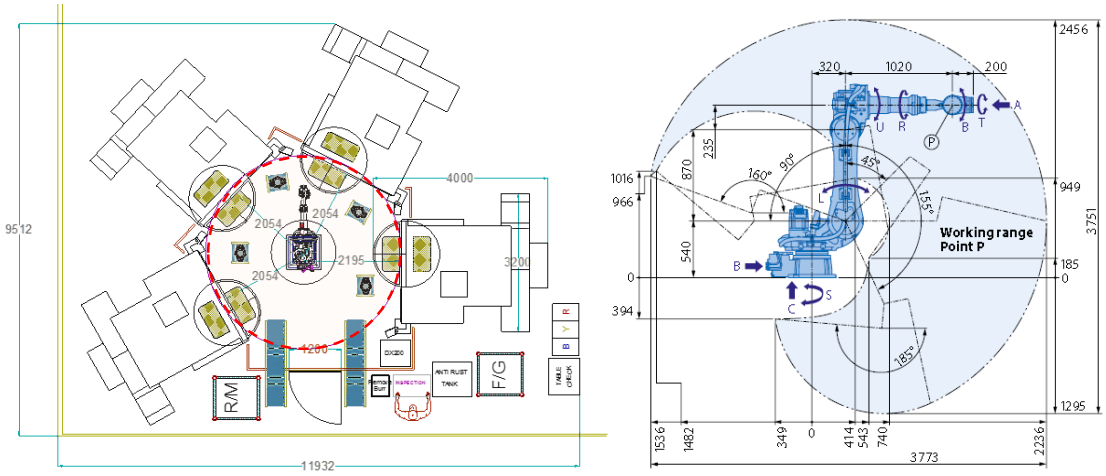
การคัดเลือกหุ่นยนต์ สำหรับการวิจัยนี้ได้พิจารณาถึงความเหมาะสมและปัจจัยในการเลือกใช้ 3 ด้าน ดังนี้

2.1 พื้นที่การผลิต (Process Layout) การเลือกใช้ขนาดของหุ่นยนต์ต้องถูกพิจารณาร่วมกับตำแหน่งการติดตั้งของหุ่นยนต์ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาระยะที่หุ่นยนต์สามารถเข้าถึงพื้นที่การทำงานได้

2.2 น้ำหนักวัตถุที่หุ่นยนต์รับได้ (Pay load) น้ำหนักที่นำไปคำนวณเพื่อหาขนาดของหุ่นยนต์ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ต้องพิจารณาน้ำหนักรวมของชิ้นงานและน้ำหนักของกริปเปอร์ (Gripper) เข้าด้วยกัน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบคุณสมบัติของหุ่นยนต์ที่ต้องการใช้งาน

2.3 ระยะการทำงานของหุ่นยนต์ เป็นระยะการทำงานของหุ่นยนต์ตามคุณสมบัติจากผู้ผลิตหุ่นยนต์ ในการเลือกใช้ต้องพิจารณาระยะการทำงานของหุ่นยนต์ร่วมกับตำแหน่งการจัดวางเครื่องจักรต้องอยู่ในรัศมีการทำงานของหุ่นยนต์

ดังนั้นการเลือกใช้หุ่นยนต์ในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกหุ่นยนต์ยี่ห้อ Yaskawa HM110 ที่มีระยะการทำงานไกลสุด 2,236 มม. และสามารถรับน้ำหนัก (Pay load) ได้สูงสุด 110 กิโลกรัม ทั้งนี้หุ่นยนต์ที่เลือกใช้ สามารถทำงานร่วมกับแผนผังการผลิตแบบเซลล์ได้ และสามารถรับน้ำหนักของชิ้นงานรวมกริปเปอร์ที่ 32.5 กิโลกรัม แบ่งเป็นน้ำหนักของชิ้นงาน 12.5 กิโลกรัม และน้ำหนักของกริปเปอร์ 20 กิโลกรัม ได้อย่างเหมาะสม



ภาพที่ 3-16 ระยะการทำงานของหุ่นยนต์ Yaskawa MH110 เทียบกับระยะแผนผังไลน์การผลิต

จากภาพที่ 3-16 จะเห็นได้ว่า พื้นที่ไลน์การผลิตแบบเซลล์มีระยะห่างจากจุดใช้งานถึงจุดอ้างอิงของหุ่นยนต์ที่ระยะรัศมี 2,054 มม. และระยะรัศมี 2,195 มม. เมื่อพิจารณาตามคุณสมบัติการใช้งานหุ่นยนต์ Yaskawa รุ่น MH110 มีระยะรัศมีการทำงานสูงสุดที่สามารถทำงานได้เท่ากับ 2,236 มม. จึงเป็นรุ่นที่เหมาะสมในการเลือกนำมาใช้ในการปรับปรุง

3. การออกแบบมือจับชิ้นงาน (Gripper)

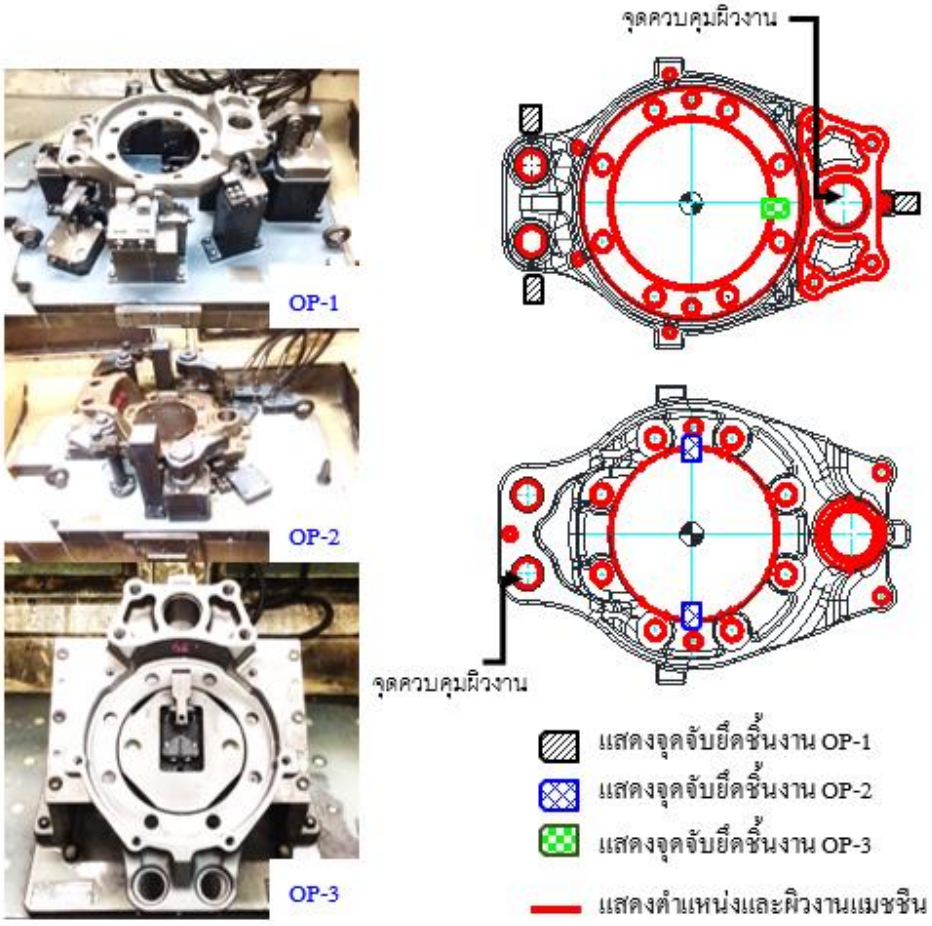
การออกแบบมือจับชิ้นงานสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบมีรายระเอียดดังนี้

3.1 รูปร่างและลักษณะชิ้นงาน

3.2 น้ำหนักของชิ้นงาน

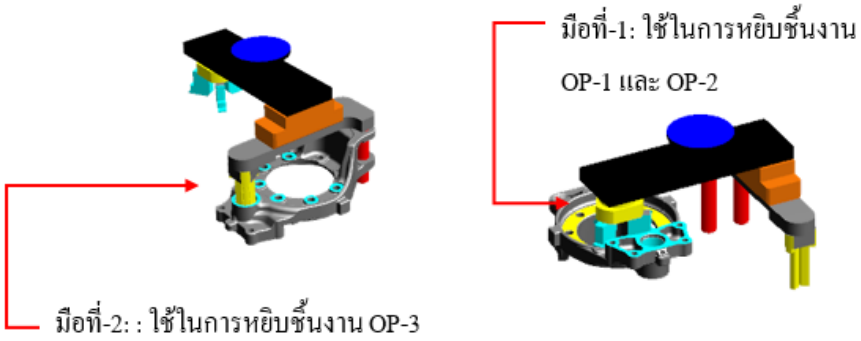
3.3 จุดจับยึดชิ้นงาน (Jig & fixture)

3.4 ตำแหน่งการจับยึดที่ส่งผลต่อคุณภาพ



ภาพที่ 3-17 Jig machine และตำแหน่งจับยึดชิ้นงานที่พิจารณาในการออกแบบกริปเปอร์

จากตำแหน่งจับยึดชิ้นงาน (Jig machine) ผู้วิจัยได้ออกแบบแนวความคิดสำหรับการจัดทำกริปเปอร์ (Gripper) ให้กับหุ่นยนต์โดยพิจารณาจุดจับยึดชิ้นงานที่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพและการใช้งานร่วมกับ Jig machine ได้ดังภาพต่อไปนี้



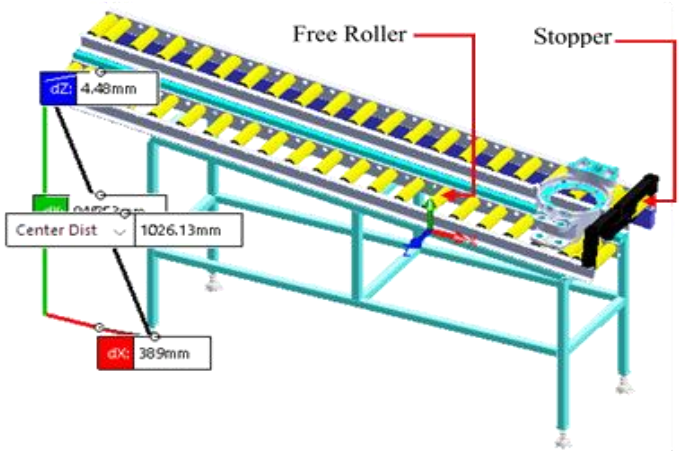
ภาพที่ 3-18 ลักษณะกริปเปอร์ของหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต

4. การออกแบบชุดลำเลียงชิ้นงาน

การออกแบบชุดลำเลียงชิ้นงานได้พิจารณาปัจจัยการใช้งาน 2 ด้านดังนี้

4.1 ระยะความสูงของรางชุดลำเลียง เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานได้สะดวกและไม่เกิดความเมื่อยล้ามากจนเกินไป ดังนั้นระยะความสูงของโต๊ะทำงานสำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำและพนักงานเป็นผู้ชาย ความสูงของโต๊ะทำงานต้องอยู่ในช่วง 99-105 ซม.
(ภูกิจ คำนึงธรรมกุลชา, 2554)

4.2 ตำแหน่งหยุดของชิ้นงาน (Stopper) ผู้วิจัยได้ออกแบบตำแหน่ง Stopper โดยทำให้ชิ้นงานหยุดการเคลื่อนที่อยู่ในตำแหน่งเดิมมากที่สุด ซึ่งหากพบว่า ตำแหน่งหยุดของชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อนสูง จะส่งผลให้หุ่นยนต์ไม่สามารถจับชิ้นงานได้ถูกต้อง

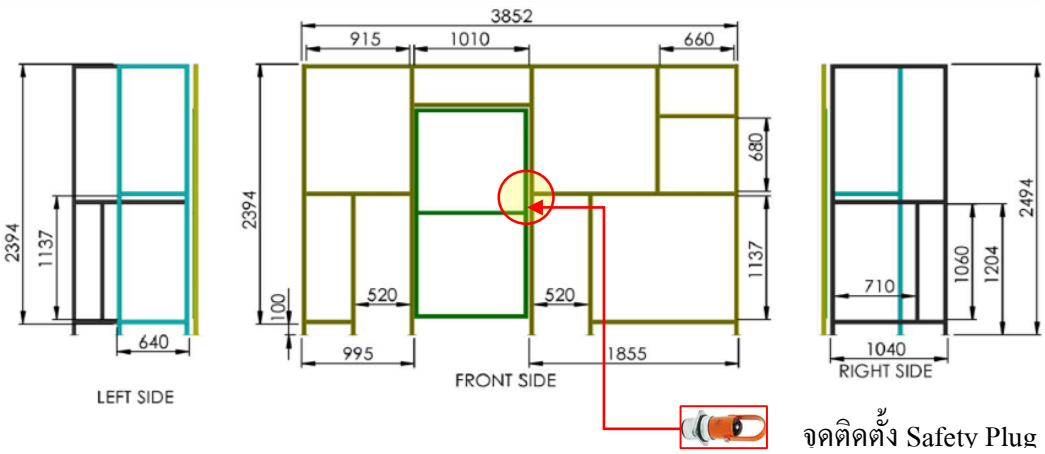


ภาพที่ 3-19 ลักษณะรางลำเลียงชิ้นงาน (Conveyor)

5. การออกแบบระบบด้านความปลอดภัย

ตามมาตรฐานด้านความปลอดภัยของบริษัทในกรณีศึกษา กำหนดให้บริเวณพื้นที่ติดตั้งหุ่นยนต์หรือระบบออโตเมชั่น ต้องกั้นรั้ว (Fence) โดยรอบและต้องสูงจากพื้นดินไม่น้อยกว่า 2.5 เมตร โดยบริเวณช่อง เข้า-ออก (บริเวณติดตั้งชุดลำเลียงชิ้นงาน: Conveyor) ต้องไม่สามารถยื่นอวัยวะเข้าไปในพื้นที่ได้

บริเวณประตู เข้า-ออก จะต้องติดตั้งระบบหรืออุปกรณ์ความปลอดภัย (Lock out Tag out) เป็นอย่างน้อย โดยรูปแบบรั้วและอุปกรณ์ความปลอดภัยสำหรับการติดตั้งหุ่นยนต์ในการปรับปรุงการผลิต ชุดประกอบร่วม Drum brake มีรูปแบบดังนี้



ภาพที่ 3-20 ลักษณะรั้วกั้นพื้นที่ไลน์การผิดและลักษณะอุปกรณ์ป้องกันอันตราย

6. ศึกษาและออกแบบขั้นตอนการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และเครื่องจักร

การออกแบบโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ สำหรับกิจกรรมการทำงานของหุ่นยนต์ในงานวิจัยนี้ได้มีการแบ่งแยกกิจกรรมที่จะใช้หุ่นยนต์ช่วยในการผลิต และกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้พนักงานทำงานออกจากกันดังตารางต่อไปนี้

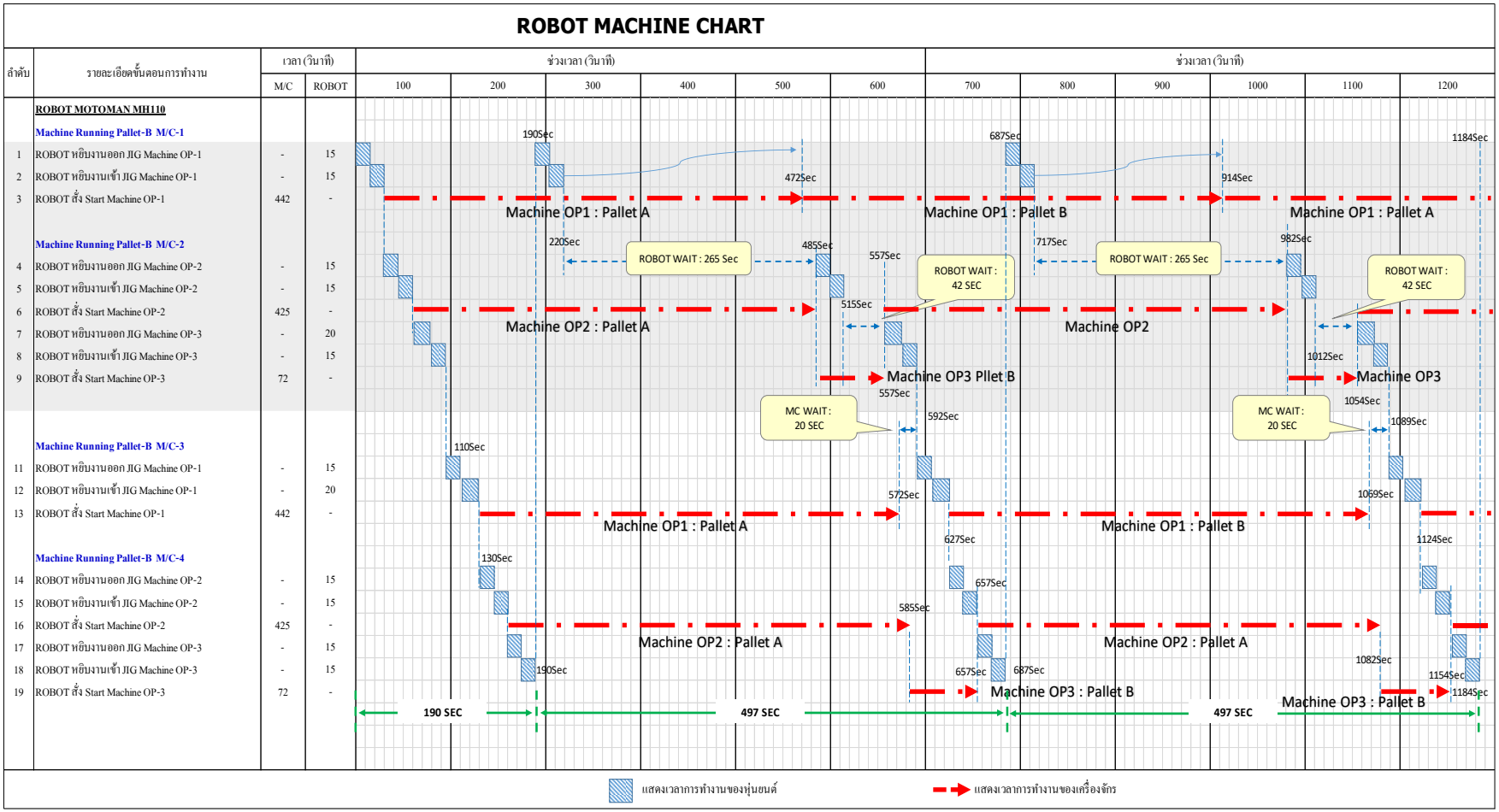
ตารางที่ 3-8 ความสัมพันธ์กิจกรรมการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และพนักงาน

กิจกรรมการผลิต	ชื่อขั้นตอน	หุ่นยนต์	พนักงาน	เวลาทำงาน (วินาที)
เครื่องจักรทำงาน (Machine-1)	OP-1			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-1	ใช่		จับเวลาใหม่
วางงานที่โต๊ะพักงาน	OP-1	ใช่		จับเวลาใหม่
นำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร	OP-1	ใช่		จับเวลาใหม่
พยากรณ์เวลาการทำงานของหุ่นยนต์โดยประมาณ				30 วินาที
เครื่องจักรทำงาน (Machine-3)	OP-1			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-1	ใช่		จับเวลาใหม่
วางงานที่โต๊ะพักงาน	OP-1	ใช่		จับเวลาใหม่
นำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร	OP-1	ใช่		จับเวลาใหม่
พยากรณ์เวลาการทำงานของหุ่นยนต์โดยประมาณ				35 วินาที
เครื่องจักรทำงาน (Machine-2)	OP-2			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-2	ใช่		จับเวลาใหม่
วางงานที่โต๊ะพักงาน	OP-2	ใช่		จับเวลาใหม่
หยิบชิ้นงานจาก OP-1 เข้า Machine OP-2	OP-2	ใช่		จับเวลาใหม่
Pallet Change				
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-3	ใช่		จับเวลาใหม่
ส่งงานที่รางส่งงานสำเร็จรูป	OP-3	ใช่		จับเวลาใหม่
หยิบชิ้นงานจาก OP-2 เข้า Machine OP-3	OP-3	ใช่		จับเวลาใหม่
พยากรณ์เวลาการทำงานของหุ่นยนต์โดยประมาณ				65 วินาที

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

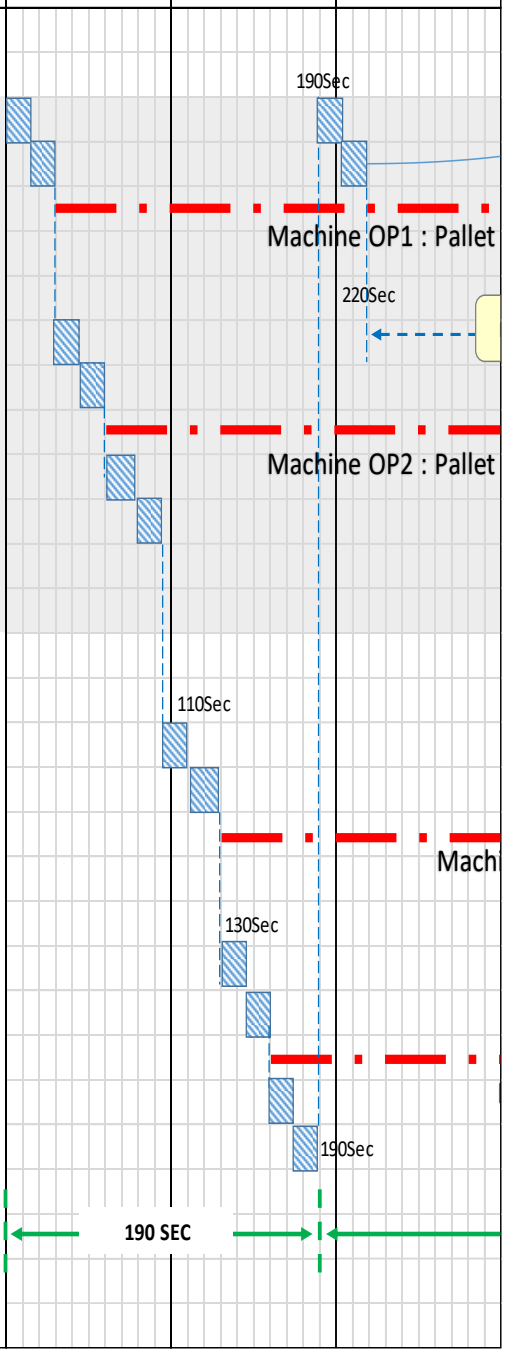
กิจกรรมการผลิต	ชื่อขั้นตอน	หุ่นยนต์	พนักงาน	เวลาทำงาน (วินาที)
เครื่องจักรทำงาน (Machine-4)	OP-2			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-2	ใช่	-	จับเวลาใหม่
วางงานที่โต๊ะพักงาน	OP-2	ใช่	-	จับเวลาใหม่
หยิบชิ้นงานจาก OP-1 เข้า Machine OP-2	OP-2	ใช่	-	จับเวลาใหม่
Pallet Change				
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-3	ใช่	-	จับเวลาใหม่
ส่งงานที่รางส่งงานสำเร็จรูป	OP-3	ใช่	-	จับเวลาใหม่
หยิบชิ้นงานจาก OP-2 เข้า Machine OP-3	OP-3	ใช่	-	จับเวลาใหม่
พยากรณ์เวลาการทำงานของหุ่นยนต์โดยประมาณ				60 วินาที
ขัดลบครีบคมชิ้นงาน	-	-	ใช่	จับเวลาใหม่
ตรวจสอบคุณภาพ	-	-	ใช่	จับเวลาใหม่
จุ่มน้ำยากันสนิม	-	-	ใช่	จับเวลาใหม่
เป่าทำความสะอาด	-	-	ใช่	จับเวลาใหม่
บรรจุชิ้นงาน (Packing)	-	-	ใช่	จับเวลาใหม่
โหลดงานเข้ารางส่งงานหล่อ	-	-	ใช่	จับเวลาใหม่
พยากรณ์เวลาการทำงานพนักงานโดยประมาณ				257 วินาที

จากตารางที่ 3-8 เป็นการประมาณค่าเวลาการทำงานของหุ่นยนต์กับเครื่องจักรในสายการผลิตจำนวน 4 เครื่อง เพื่อใช้ในการกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อทำให้กำลังการผลิตของกระบวนการได้ตามเป้าหมายการผลิต (14 ชิ้น/ชั่วโมง) และเป็นการประมาณเวลาการทำงานของพนักงานเพื่อให้สอดคล้องกับสายการผลิตซึ่งเวลาการทำงานของหุ่นยนต์กับเครื่องจักรสามารถทดสอบได้ ด้วยกราฟแสดงความสัมพันธ์การทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับเวลาเครื่องจักรในกระบวนการผลิตดังต่อไปนี้



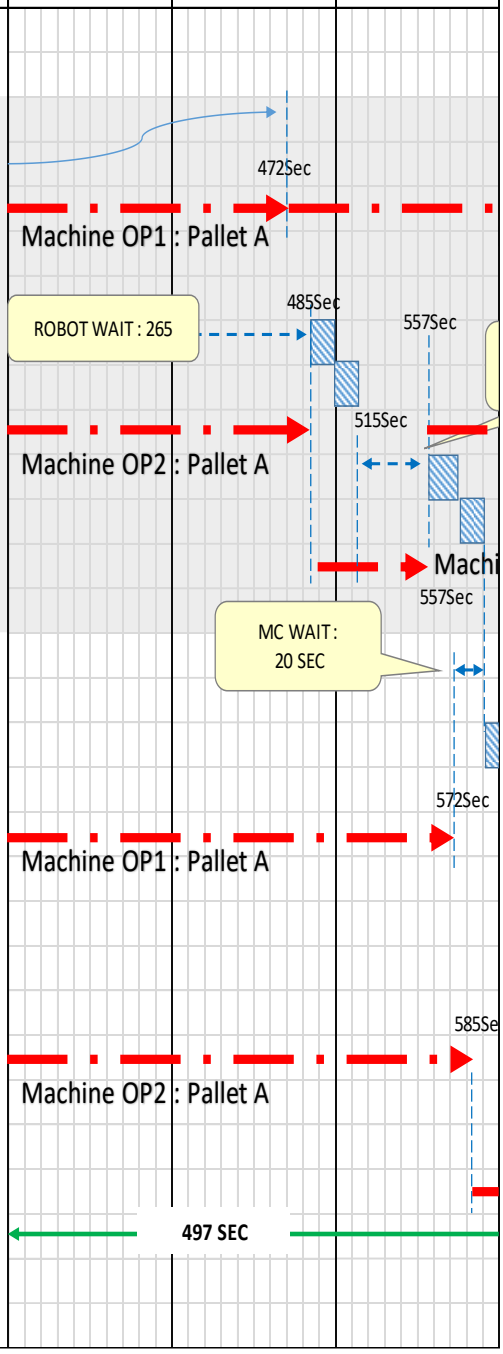
ภาพที่ 3-21 ความสัมพันธ์การทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับเครื่องจักร

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)	
		M/C	ROBOT
	ROBOT MOTOMAN MH110		
	Machine Running Pallet-B M/C-1		
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	15
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-
	Machine Running Pallet-B M/C-2		
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	20
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-
	Machine Running Pallet-B M/C-3		
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	20
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-
	Machine Running Pallet-B M/C-4		
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	15
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-



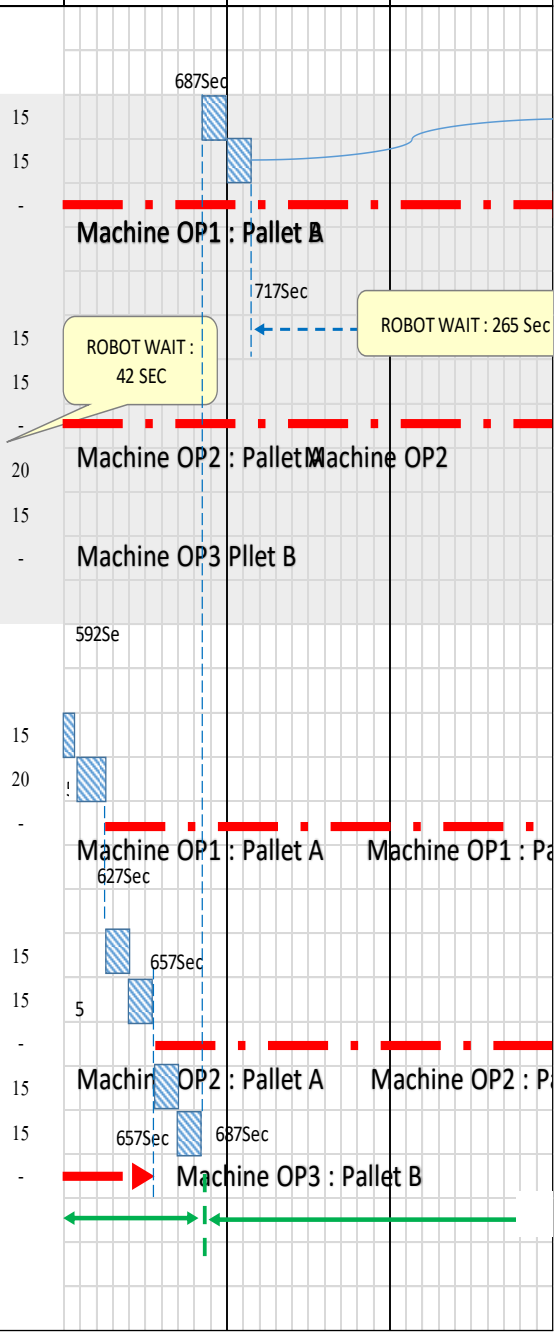
ภาพที่ 3-22 กราฟแสดงความสัมพันธ์การทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับเครื่องจักร

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)	
		M/C	ROBOT
	ROBOT MOTOMAN MH110		
	Machine Running Pallet-B M/C-1		
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	15
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-
	Machine Running Pallet-B M/C-2		
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	20
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-
	Machine Running Pallet-B M/C-3		
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	20
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-
	Machine Running Pallet-B M/C-4		
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	15
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-



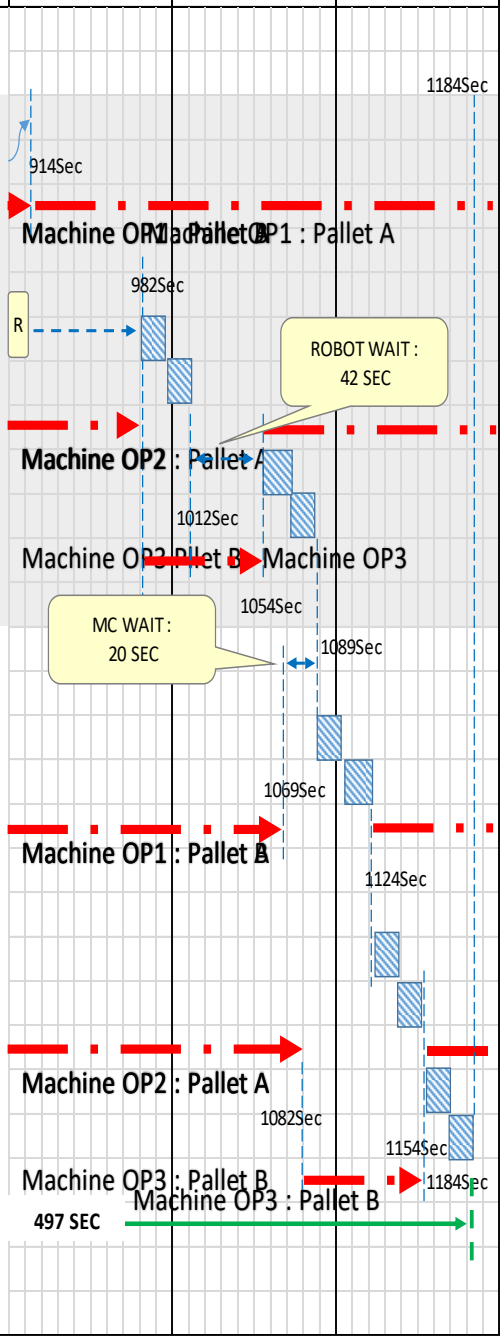
ภาพที่ 3-22 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)		ช่วงเวลา (วินาที)		
		M/C	ROBOT	700	800	900
	ROBOT MOTOMAN MH110					
	Machine Running Pallet-B M/C-1					
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15			
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	15			
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-			
	Machine Running Pallet-B M/C-2					
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15			
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15			
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-			
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	20			
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15			
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-			
	Machine Running Pallet-B M/C-3					
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15			
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	20			
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-			
	Machine Running Pallet-B M/C-4					
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15			
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15			
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-			
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	15			
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15			
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-			



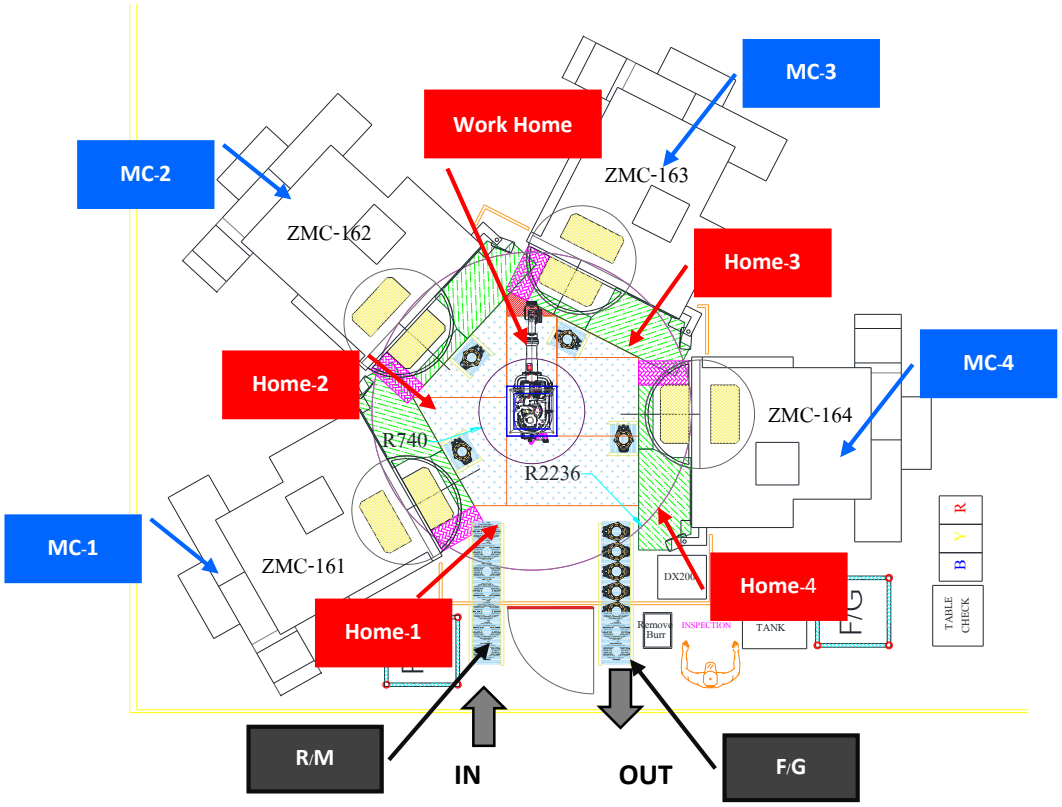
ภาพที่ 3-22 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)		ช่วงเวลา (วินาที)
		M/C	ROBOT	1000 1100 1200
	ROBOT MOTOMAN MH110			
	Machine Running Pallet-B M/C-1			
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15	
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	15	
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	
	Machine Running Pallet-B M/C-2			
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15	
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15	
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	20	
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15	
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	
	Machine Running Pallet-B M/C-3			
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	15	
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	20	
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	
	Machine Running Pallet-B M/C-4			
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	15	
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	15	
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	15	
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	15	
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	



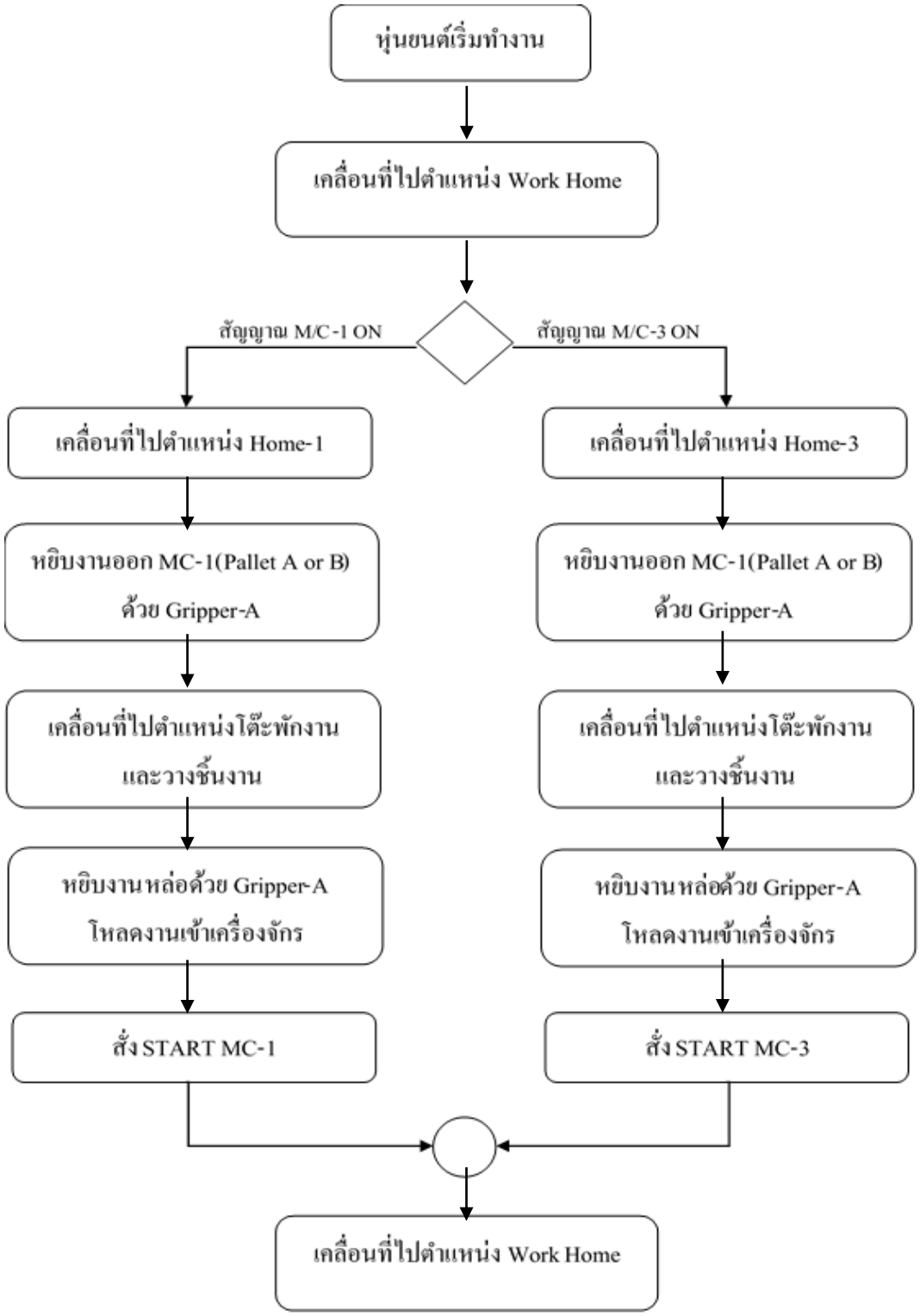
ภาพที่ 3-22 (ต่อ)

หลังจากกำหนดกิจกรรมในกระบวนผลิตให้กับหุ่นยนต์ได้เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยต้องนำกิจกรรมการทำงานของหุ่นยนต์ไปสร้างเงื่อนไขการทำงานและเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ของหุ่นยนต์โดยสามารถเขียนเป็นขั้นตอนการไหลของโปรแกรมได้ดังนี้

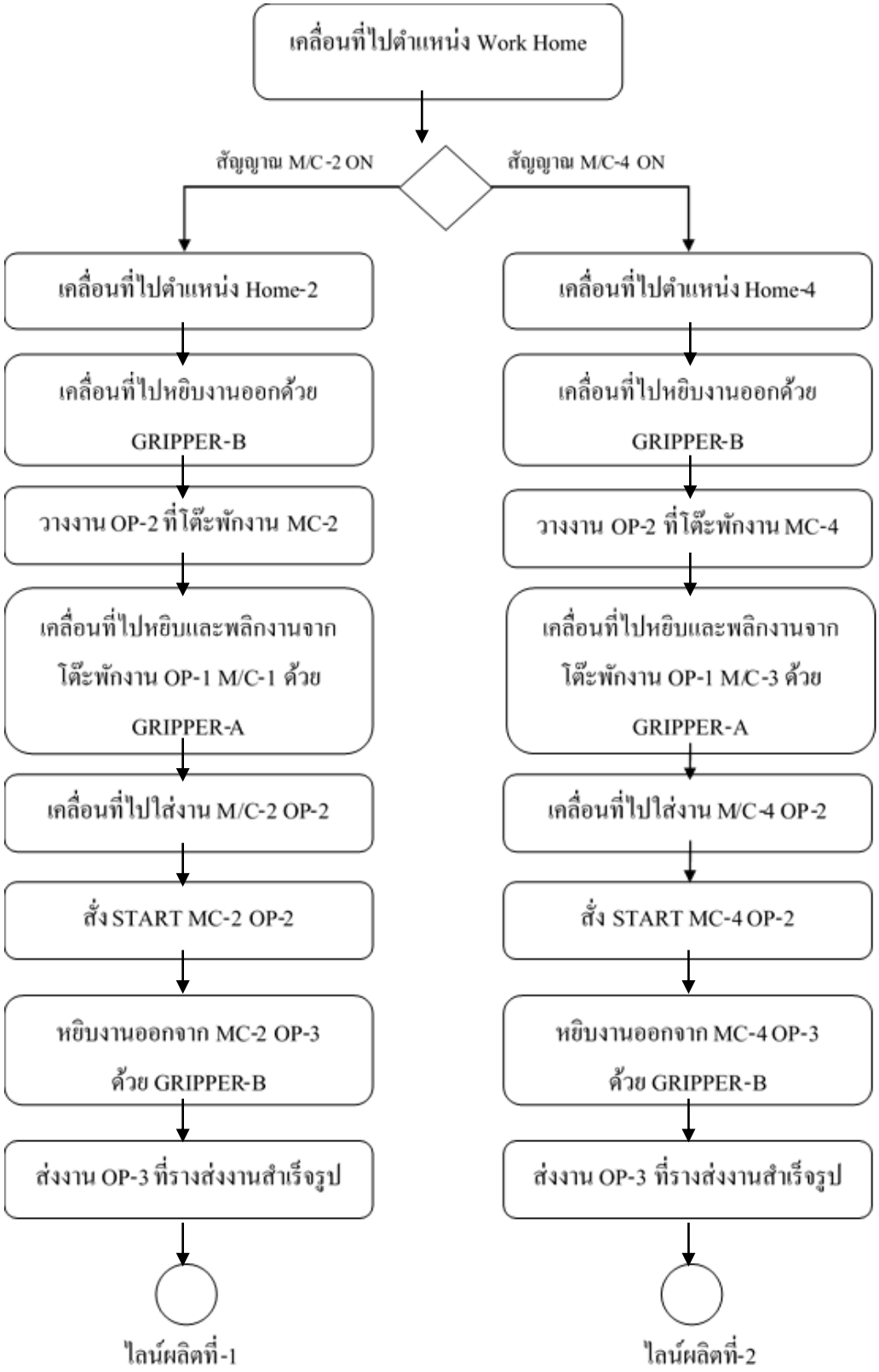


ภาพที่ 3-23 ตำแหน่งอ้างอิงการเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

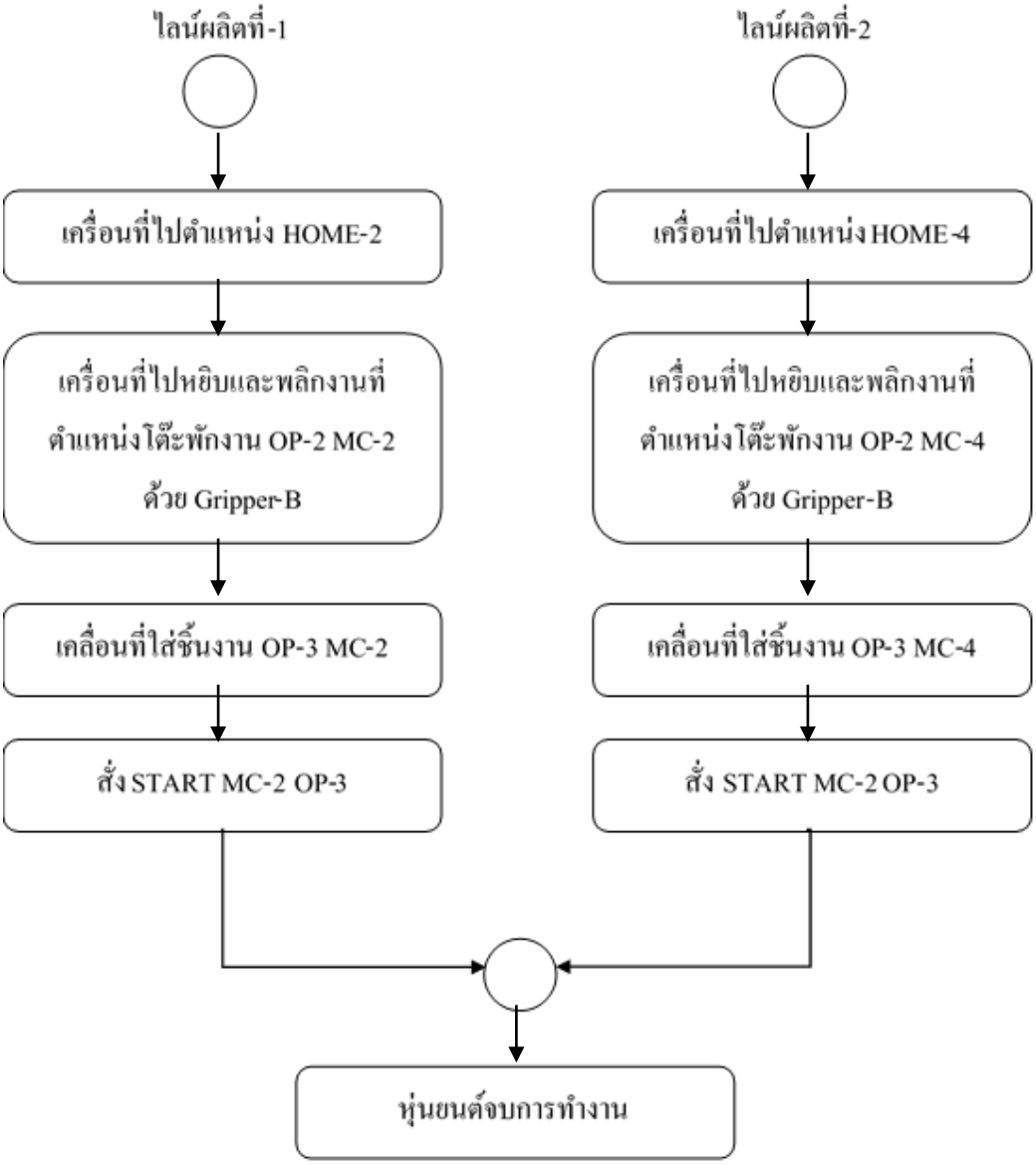
กระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot flow process chart)



ภาพที่ 3-24 แผนผังโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์


เคลื่อนที่ไปตำแหน่ง Work Home
สัญญาณ M/C-2 ON
สัญญาณ M/C-4 ON
เคลื่อนที่ไปตำแหน่ง Home-2
เคลื่อนที่ไปหยิบงานออกด้วย GRIPPER-B
วางงาน OP-2 ที่โต๊ะพักงาน MC-2
เคลื่อนที่ไปหยิบและพลิกงานจาก โต๊ะพักงาน OP-1 M/C-1 ด้วย GRIPPER-A
เคลื่อนที่ไปใส่งาน M/C-2 OP-2
สั่ง START MC-2 OP-2
หยิบงานออกจาก MC-2 OP-3 ด้วย GRIPPER-B
ส่งงาน OP-3 ที่รางส่งงานสำเร็จรูป
ไลน์ผลิตที่-1
เคลื่อนที่ไปตำแหน่ง Home-4
เคลื่อนที่ไปหยิบงานออกด้วย GRIPPER-B
วางงาน OP-2 ที่โต๊ะพักงาน MC-4
เคลื่อนที่ไปหยิบและพลิกงานจาก โต๊ะพักงาน OP-1 M/C-3 ด้วย GRIPPER-A
เคลื่อนที่ไปใส่งาน M/C-4 OP-2
สั่ง START MC-4 OP-2
หยิบงานออกจาก MC-4 OP-3 ด้วย GRIPPER-B
ส่งงาน OP-3 ที่รางส่งงานสำเร็จรูป
ไลน์ผลิตที่-2

ภาพที่ 3-24 (ต่อ)


ไลน์ผลิตที่-1
ไลน์ผลิตที่-2
เครื่อนที่ไปตำแหน่ง HOME-2
เครื่อนที่ไปตำแหน่ง HOME-4
เครื่อนที่ไปหยิบและพลิกงานที่ ตำแหน่งโต๊ะพักงาน OP-2 MC-2 ด้วย Gripper-B
เครื่อนที่ไปหยิบและพลิกงานที่ ตำแหน่งโต๊ะพักงาน OP-2 MC-4 ด้วย Gripper-B
เคลื่อนที่ใส่ชิ้นงาน OP-3 MC-2
เคลื่อนที่ใส่ชิ้นงาน OP-3 MC-4
สั่ง START MC-2 OP-3
สั่ง START MC-2 OP-3
หุ่นยนต์จบการทำงาน

ภาพที่ 3-24 (ต่อ)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่เป็นสาเหตุของต้นทุนสูง และปัจจัยที่ส่งผลต่อสุขภาพการทำงานของพนักงานเพื่อนำไปสู่แนวทางการปรับปรุง ซึ่งแนวทางที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในบทที่ 3 คือ การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้เป็นระบบการผลิตแบบอัตโนมัติด้วยการนำหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Articulated Robot) มาใช้ในกระบวนการผลิต โดยผลการดำเนินงานออกแบบและติดตั้ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

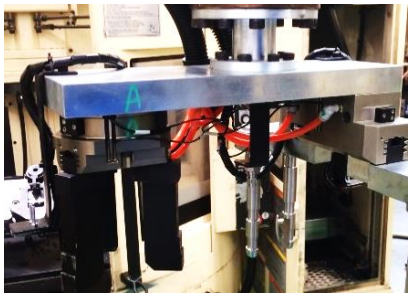
การดำเนินงานปรับปรุงไลน์การผลิตและติดตั้งหุ่นยนต์สำหรับผลิตชิ้นงาน

จากรูปแบบไลน์การผลิตตามแนวความคิดรูปแบบที่ 3 (ตารางที่ 3-6) ได้ถูกรับเลือกในดำเนินการปรับปรุงและติดตั้งหุ่นยนต์เพื่อสนับสนุนกระบวนการผลิตชุดชิ้นงานประกอบร่วม Drum brake โดยขั้นตอนการดำเนินงานติดตั้งประกอบด้วยกิจกรรมหลัก ดังรายละเอียดต่อไปนี้

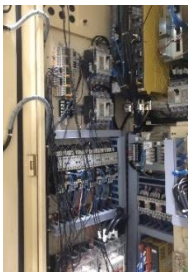
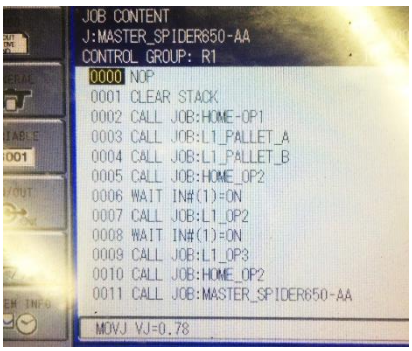
ตารางที่ 4-1 การติดตั้งระบบอัตโนมัติในสายการผลิต

ลำดับ	ขั้นตอนดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	ภาพ
1.	ปรับปรุงพื้นที่การผลิตใหม่ให้มีลักษณะเป็นเซลล์การผลิต	เพื่อให้สอดคล้องกับการทำงานของหุ่นยนต์ที่ใช้ในการผลิต และประหยัดพื้นที่ติดตั้งภายในโรงงาน	
2.	ติดตั้งหุ่นยนต์ในสายการผลิต	ใช้ในการผลิตชิ้นงานแทนพนักงาน โดยหุ่นยนต์ 1ตัว ทำงานร่วมกับเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง	

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	ภาพ
2.			
3.	ติดตั้งอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต	เป็นอุปกรณ์ช่วยในการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และเครื่องจักร	
4.	ติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย (รั้ว)	แยกเขตพื้นที่การของหุ่นยนต์และพนักงานออกจากกันให้ชัดเจนเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้	
5.	ติดตั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Gripper)	ใช้สำหรับหยิบจับชิ้นงาน เข้า-ออกเครื่องจักรแทนการทำงานของมือมนุษย์	

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ลำดับ	ขั้นตอนดำเนินงาน	วัตถุประสงค์	ภาพ
6.	เชื่อมโยงสัญญาณ ของเครื่องจักรและหุ่นยนต์ (interface)	สร้างช่องทางการรับรู้ของระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ	
7.	โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ ด้วยวิธีการสอน (Teaching)	กำหนดเส้นทางการทำงานของหุ่นยนต์ตามกระบวนการผลิต โดยทำงานของหุ่นยนต์เลียนแบบจากการทำงานของพนักงาน	
8.	ทดลอง สรุปผล และปรับปรุง	หุ่นยนต์สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามกระบวนการเช่นเดียวกับการทำงานของพนักงานและได้คุณภาพตามต้องการ	

การกำหนดสัญญาณควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต

การสร้างการรับรู้ให้กับหุ่นยนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต จำเป็นต้องกำหนดสัญญาณภายในและภายนอก ด้วยวิธีการเชื่อมโยงสัญญาณ (Interface) จากเครื่องจักรในสายการผลิต และอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ และเขียนคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สัญญาณจากเครื่องจักร

เป็นสัญญาณที่เครื่องจักรส่งให้กับส่วนควบคุมของหุ่นยนต์ เพื่อให้รับรู้ถึงสถานะการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งเป็นสัญญาณที่หุ่นยนต์รับเข้าเพื่อประมวลผล (Input) และส่งออก (Output) สั่งให้เครื่องจักรทำงาน โดยการจัดทำระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญญาณที่จำเป็นเพื่อสร้างการรับรู้ให้กับหุ่นยนต์ และเชื่อมโยงสัญญาณของเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายนอก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-2 ชื่อสัญญาณเครื่องจักรในระบบควบคุม (Machine signal interface)

สัญญาณเครื่องจักร Machine-1	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Machine ready M/C-1 (Pallet: A)	Input	In # 0043
Machine ready M/C-1 (Pallet: B)	Input	In # 0063
Clamp MC-1 OK	Input	In # 0042
Unclamp MC-1 OK	Input	In # 0057
Machine auto MC-1	Input	In # 0065
Machine start MC-1	Output	Out # 0038
Clamp MC-1	Output	Out # 0037
Unclamp MC-1	Output	Out # 0039

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

สัญญาณเครื่องจักร Machine-2	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Machine ready M/C-2 (Pallet: A)	Input	In # 0047
Machine ready M/C-2 (Pallet : B)	Input	In # 0061
Clamp MC-2 OK	Input	In # 0046
Unclamp MC-2 OK	Input	In # 0058
Machine auto MC-2	Input	In # 0066
Machine start MC-2	Output	Out # 0041
Clamp MC-2	Output	Out # 0040
Unclamp MC-2	Output	Out # 0042
สัญญาณเครื่องจักร Machine-3	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Machine ready M/C-3 (Pallet: A)	Input	In # 0051
Machine ready M/C-3 (Pallet: B)	Input	In # 0064
Clamp M/C-3 OK	Input	In # 0050
Unclamp M/C-3 OK	Input	In # 0059
Machine auto MC-3	Input	In # 0067
Machine start M/C-3	Output	Out # 0044
Clamp M/C-3	Output	Out # 0043
Unclamp M/C-3	Output	Out # 0045
Machine ready M/C-4 (Pallet: A)	Input	In # 0055
Machine ready M/C-4 (Pallet : B)	Input	In # 0062
Clamp M/C-4 OK	Input	In # 0054
Unclamp M/C-4 OK	Input	In # 0060

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

สัญญาณเครื่องจักร Machine-4	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Machine auto MC-4	Input	In # 0068
Machine start M/C-4	Output	Out # 0047
Clamp M/C-4	Output	Out # 0046
Unclamp M/C-4	Output	Out # 0048

2. สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ภายนอก

สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมโยงเข้ากับส่วนควบคุม PLC และส่วนควบคุมของหุ่นยนต์ (Controller DX200) ผ่านอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ เช่น กริปเปอร์ (Gripper) เซ็นเซอร์ (Sensors) และโซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-3 ชื่อสัญญาณอุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบควบคุม

ชื่อสัญญาณ	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	อุปกรณ์ที่ใช้	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Gripper A clamp	Output	Solenoid valve	Out # 0033
Gripper A unclamp	Output	Solenoid valve	Out # 0034
Gripper B clamp	Output	Solenoid valve	Out # 0035
Gripper B unclamp	Output	Solenoid valve	Out # 0036
Air blow	Output	Solenoid valve	Out # 0049
Reed switch clamp Gripper: A	Input	Reed switch	In # 0035
Reed switch Unclamp gripper: A	Input	Reed switch	In # 0036
Reed switch Clamp gripper: B	Input	Reed switch	In # 0037

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ชื่อสัญญาณ	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	อุปกรณ์ที่ใช้	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Reed switch Unclamp gripper : B	Input	Reed switch	In # 0038
Check part Pos. Pallet A : M/C-1	Input	Laser sensor	In # 0040
Check part Pos. Pallet B : M/C-1	Input	Laser sensor	In # 0041
Check part Pos. Pallet A : M/C-2	Input	Laser sensor	In # 0044
Check part Pos. Pallet B : M/C-2	Input	Laser sensor	In # 0045
Check part Pos. Pallet A : M/C-3	Input	Laser sensor	In # 0048
Check part Pos. Pallet B : M/C-3	Input	Laser sensor	In # 0049
Check part Pos. Pallet A : M/C-4	Input	Laser sensor	In # 0052
Check part Pos. Pallet B : M/C-4	Input	Laser sensor	In # 0053
Check part Turn Over : M/C-1	Input	Photo sensor	In # 0001
Check part Turn Over : M/C-2	Input	Photo sensor	In # 0002
Check part Turn Over : M/C-3	Input	Photo sensor	In # 0003
Check part Turn Over : M/C-4	Input	Photo sensor	In # 0004

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

ชื่อสัญญาณ	ประเภทสัญญาณ (Input/Output)	อุปกรณ์ที่ใช้	ตำแหน่งช่องสัญญาณ (ควบคุมหุ่นยนต์)
Conveyor Raw material	Input	Photo sensor	In # 0039
Conveyor line 15-5 Finish good	Input	Photo sensor	In # 0056
Conveyor line 15-6 Finish good	Input	Photo sensor	In # 0005
Check hole machine Finsh MC-1	Input	Laser sensor	In # 0069
Check hole machine Finsh MC-2	Input	Laser sensor	In # 0034
Check hole machine Finsh MC-3	Input	Laser sensor	In # 0070

การสอนงานหุ่นยนต์ และการโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์

หลังจากเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ การจะทำให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน จำเป็นต้องสอนงานหุ่นยนต์ ซึ่งวิธีการที่ผู้วิจัยเลือกใช้ คือ การสอนงานหุ่นยนต์ (Teaching) ผ่านแป้นสอนงาน (Teach pendent) โดยกำหนดลำดับขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์เลียนแบบการปฏิบัติงานของพนักงาน และสร้างโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot flow process chart) ตามที่ได้นำเสนอในบทที่ 3 โดยโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์แบ่งเป็นโปรแกรมหลัก และโปรแกรมย่อย (ภาคผนวก ก) ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามโปรแกรมการใช้งานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-4 โปรแกรมหลัก และโปรแกรมย่อยควบคุมการทำงาน (Robot programming)

ชื่อโปรแกรม	ความหมายของโปรแกรม
MASTER SPIDER BW650-22302	โปรแกรมการทำงานหุ่นยนต์ในการผลิตหลัก
MASTER_SPIDER650-LINE-1	โปรแกรมแยกการผลิต Line 1
MASTER_SPIDER650-LINE-2	โปรแกรมแยกการผลิต Line 2
MC161-READY-PALLET-AB	โปรแกรมเริ่มต้นการผลิต Line-1 เครื่อง 1
MC161-READY-PALLET-A	โปรแกรมการผลิต Line-1 เครื่อง 1 Pallet : A
MC161-READY-PALLET-B	โปรแกรมการผลิต Line-1 เครื่อง 1 Pallet : B
MC162-READY	โปรแกรมเริ่มต้นการผลิต Line-1 เครื่อง 2
MC163-READY-PALLET-AB	โปรแกรมเริ่มต้นการผลิต Line-2 เครื่อง 3
MC163-READY-PALLET-A	โปรแกรมการผลิต Line-2 เครื่อง 3 Pallet : A
MC163-READY-PALLET-B	โปรแกรมการผลิต Line-2 เครื่อง 3 Pallet : B
MC164-READY	โปรแกรมเริ่มต้นการผลิต Line-2 เครื่อง 4
LOAD_MATERIL	โปรแกรมโหลดชิ้นงานวัตถุดิบ
L1-LOAD-OUT-PALLET(A)-OP1	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-1 Pallet A (MC-1)
L1-LOAD-OUT-PALLET(B)-OP1	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-1 Pallet B (MC-1)
L1_LOAD-IN-PALLET(A)_OP1	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-1 Pallet A (MC-1)
L1_LOAD-IN-PALLET(B)_OP1	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-1 Pallet B (MC-1)
L1-LOAD-OUT-OP2	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-2 (MC-2)
L1_LOAD-IN-OP2	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-2 (MC-2)
L1_LOAD-OUT-OP3	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-3 (MC-2)
L1_LOAD-IN-OP3	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-3 (MC-2)
L1_SEND_CV-FG	ส่งชิ้นงาน Line-1 (Finish good) ที่รางส่งชิ้นงาน
L2-LOAD-OUT-PALLET(A)-OP1	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-1 Pallet A (MC-3)
L2-LOAD-OUT-PALLET(B)-OP1	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-1 Pallet B (MC-3)
L2_LOAD-IN-PALLET(A)_OP1	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-1 Pallet A (MC-3)
L2_LOAD-IN-PALLET(B)_OP1	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-1 Pallet B (MC-3)
L2-LOAD-OUT-OP2	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-2 (MC-4)
L2_LOAD-IN-OP2	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-2 (MC-4)

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ชื่อโปรแกรม	ความหมายของโปรแกรม
L2-LOAD-OUT-OP2	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-2 (MC-4)
L2_LOAD-IN-OP2	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-2 (MC-4)
L2_LOAD-OUT-OP3	หยิบงานออกจากเครื่องจักร OP-3 (MC-4)
L2_LOAD-IN-OP3	หยิบงานเข้าเครื่องจักร OP-3 (MC-4)
L2_SEND_CV-FG	ส่งชิ้นงาน Line-2 (Finish good) ที่รางส่งชิ้นงาน
HOME-OP1	เคลื่อนย้ายไปตำแหน่งเตรียมพร้อมเครื่องจักร 1
HOME-OP2	เคลื่อนย้ายไปตำแหน่งเตรียมพร้อมเครื่องจักร 2
HOME-OP3	เคลื่อนย้ายไปตำแหน่งเตรียมพร้อมเครื่องจักร 3
HOME-OP4	เคลื่อนย้ายไปตำแหน่งเตรียมพร้อมเครื่องจักร 4
START-MC1	คำสั่งให้เครื่องจักร MC-1 เริ่มต้นทำงาน
START-MC2	คำสั่งให้เครื่องจักร MC-2 เริ่มต้นทำงาน
START-MC3	คำสั่งให้เครื่องจักร MC-3 เริ่มต้นทำงาน
START-MC4	คำสั่งให้เครื่องจักร MC-4 เริ่มต้นทำงาน
JIG_CLAMP-MC1	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 1 จับยึดชิ้นงาน
JIG_CLAMP-MC2	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 2 จับยึดชิ้นงาน
JIG_CLAMP-MC3	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 3 จับยึดชิ้นงาน
JIG_CLAMP-MC4	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 4 จับยึดชิ้นงาน
JIG_UN_CLAMP-MC1	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 1 คายการจับยึดชิ้นงาน
JIG_UN_CLAMP-MC2	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 2 คายการจับยึดชิ้นงาน
JIG_UN_CLAMP-MC3	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 3 คายการจับยึดชิ้นงาน

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

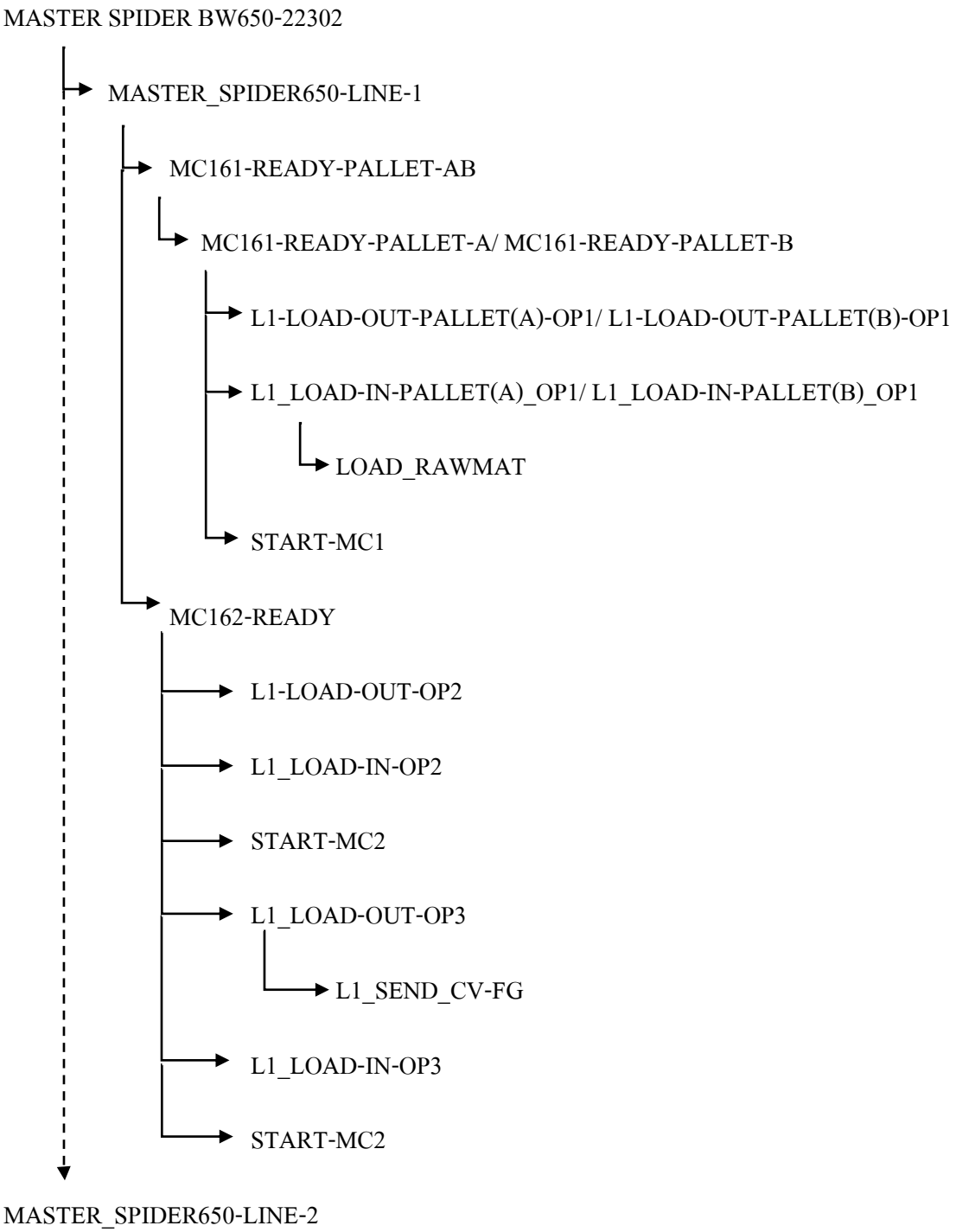
ชื่อโปรแกรม	ความหมายของโปรแกรม
JIG_UN_CLAMP-MC4	คำสั่งให้ Jig machine เครื่องที่ 4 คายการจับยึดชิ้นงาน
GRIPPER-A-CLAMP	คำสั่งให้กริปเปอร์ A จับยึดชิ้นงาน
GRIPPER-A-UNCLAMP	คำสั่งให้กริปเปอร์ A คายการจับยึดชิ้นงาน
GRIPPER-B-CLAMP	คำสั่งให้กริปเปอร์ B จับยึดชิ้นงาน
GRIPPER-B-UNCLAMP	คำสั่งให้กริปเปอร์ B คายการจับยึดชิ้นงาน
AIR_BLOW_MC1_OP1	คำสั่งเป่าชิ้นงานหลัง M/C OP-1เครื่องจักรที่ 1
AIR_BLOW_MC2-OP2-LOAD-IN	คำสั่งเป่า Jig machine OP-2 เครื่องจักรที่ 2
AIR_BLOW_MC2-OP2-LOAD-OUT	คำสั่งเป่าชิ้นงานหลัง M/C OP-2 เครื่องจักรที่ 2
AIR_BLOW_MC2-OP3-LOAD_OUT	คำสั่งเป่าชิ้นงานหลัง M/C OP-3 เครื่องจักรที่ 2
AIR_BLOW_MC2-OP3-LOAD-IN	คำสั่งเป่า Jig machine OP-3 เครื่องจักรที่ 2
AIR_BLOW_MC3_OP1	คำสั่งเป่าชิ้นงานหลัง M/C OP-1เครื่องจักรที่ 3
AIR_BLOW_MC4-OP2-LOAD-IN	คำสั่งเป่า Jig machine OP-2 เครื่องจักรที่ 4
AIR_BLOW_MC4-OP2-LOAD-OUT	คำสั่งเป่าชิ้นงานหลัง M/C OP-2 เครื่องจักรที่ 4
AIR_BLOW_MC4-OP3-LOAD-IN	คำสั่งเป่า Jig machine OP-3 เครื่องจักรที่ 4

การทดลอง และสรุปผลการใช้งานโปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์

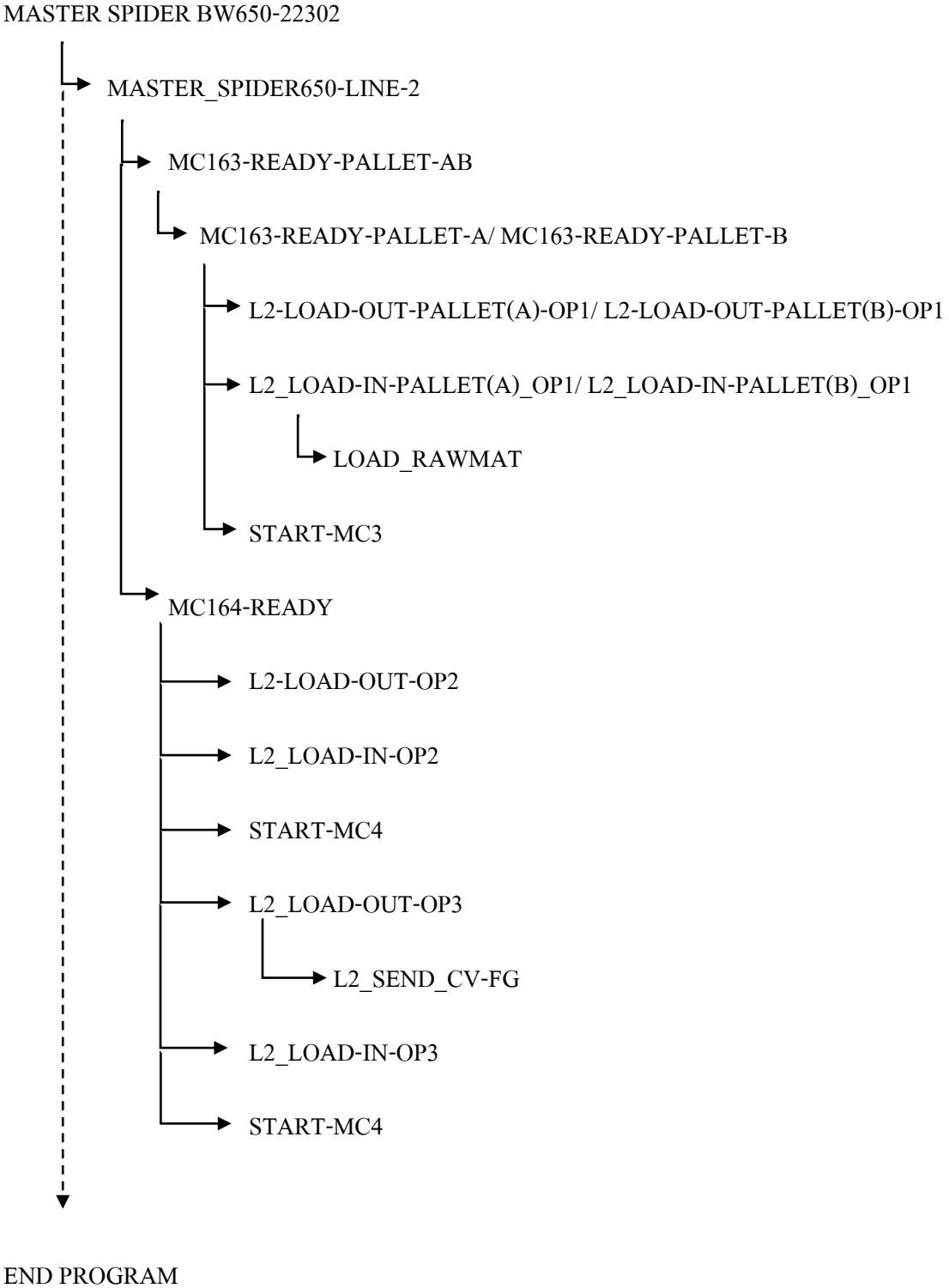
1. โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในการผลิตและผลการทดลองครั้งที่ 1

จากโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ ทางผู้วิจัยได้จัดทำลำดับขั้นตอนการทำงานโปรแกรมควบคุม เพื่อให้สามารถเข้าใจการทำงานของหุ่นยนต์ได้ง่ายขึ้น โดยสามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานของโปรแกรมใหม่ได้ดังนี้

ลำดับการทำงานโปรแกรมควบคุม 2-1 (Programing robot control)



ภาพที่ 4-1 ลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในการผลิต


MASTER SPIDER BW650-22302
MASTER_SPIDER650-LINE-2
MC163-READY-PALLET-AB
MC163-READY-PALLET-A/ MC163-READY-PALLET-B
L2-LOAD-OUT-PALLET(A)-OP1/ L2-LOAD-OUT-PALLET(B)-OP1
L2_LOAD-IN-PALLET(A)_OP1/ L2_LOAD-IN-PALLET(B)_OP1
LOAD_RAWMAT
START-MC3
MC164-READY
L2-LOAD-OUT-OP2
L2_LOAD-IN-OP2
START-MC4
L2_LOAD-OUT-OP3
L2_SEND_CV-FG
L2_LOAD-IN-OP3
START-MC4
END PROGRAM

ภาพที่ 4-1 (ต่อ)

ผลจากการทดลองครั้งที่ 1

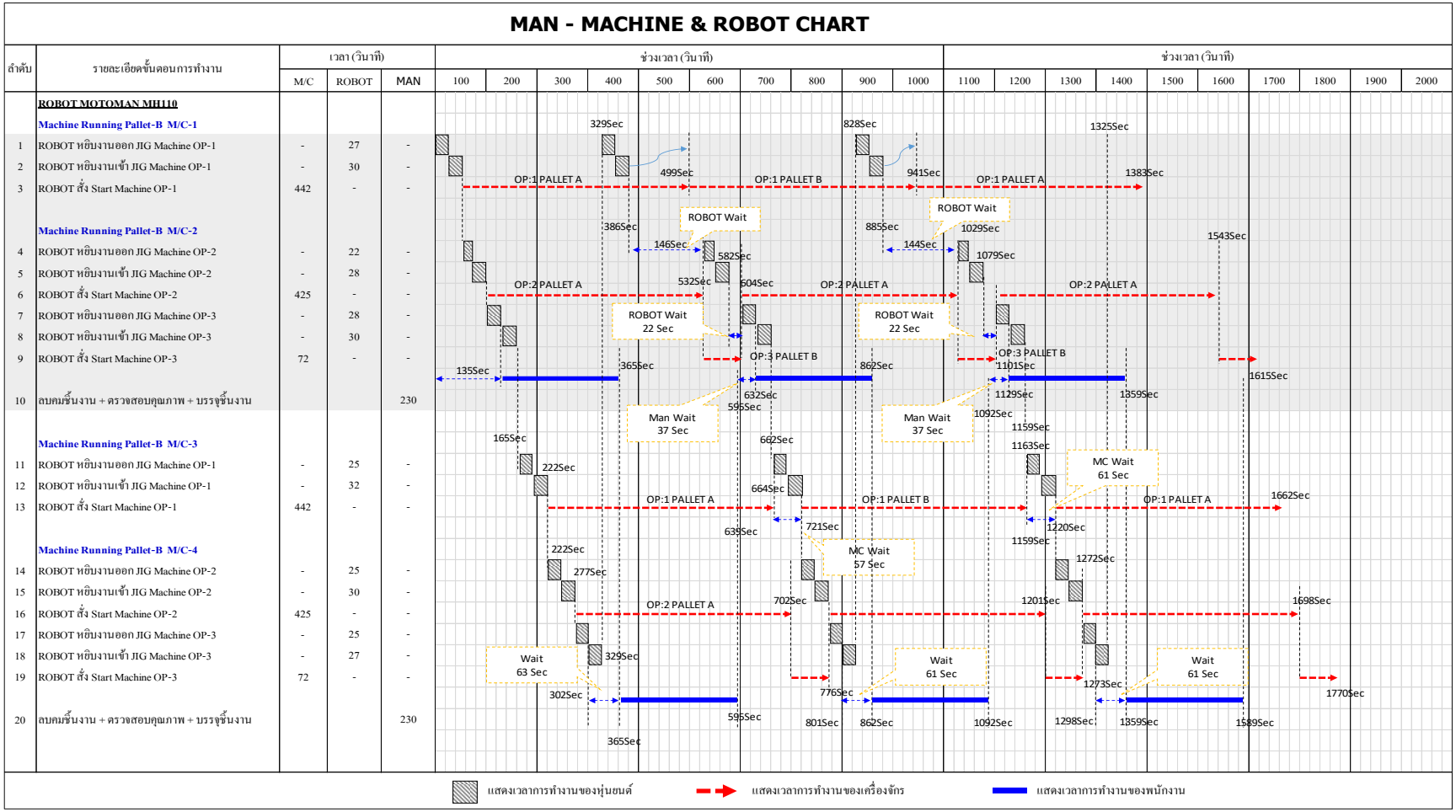
ตารางที่ 4-5 เวลากิจกรรมการทำงานระหว่างหุ่นยนต์และพนักงาน

กิจกรรมการผลิต	ชื่อขั้นตอน	หุ่นยนต์	พนักงาน	เวลาทำงาน (วินาที)
เครื่องจักรทำงาน (Machine-1)	OP-1			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-1	ใช่		27
นำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร	OP-1	ใช่		30
รวมเวลาหุ่นยนต์ทำงาน				57 วินาที
เครื่องจักรทำงาน (Machine-2)	OP-2			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-2	ใช่		22
หยิบชิ้นงานจาก OP-1 เข้า Machine OP-2	OP-2	ใช่		28
Pallet change				
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-3	ใช่		28
หยิบชิ้นงานจาก OP-2 เข้า Machine OP-3	OP-3	ใช่		30
รวมเวลาหุ่นยนต์ทำงาน				108 วินาที
เครื่องจักรทำงาน (Machine-3)	OP-1			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-1	ใช่		25
นำชิ้นงานเข้าเครื่องจักร	OP-1	ใช่		32
รวมเวลาหุ่นยนต์ทำงาน				57 วินาที
เครื่องจักรทำงาน (Machine-4)	OP-2			
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-2	ใช่	-	25
หยิบชิ้นงานจาก OP-1 เข้า Machine OP-2	OP-2	ใช่	-	30
Pallet change				
นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร	OP-3	ใช่□	-	25
หยิบชิ้นงานจาก OP-2 เข้า Machine OP-3	OP-3	ใช่	-	27
รวมเวลาหุ่นยนต์ทำงาน				107 วินาที

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

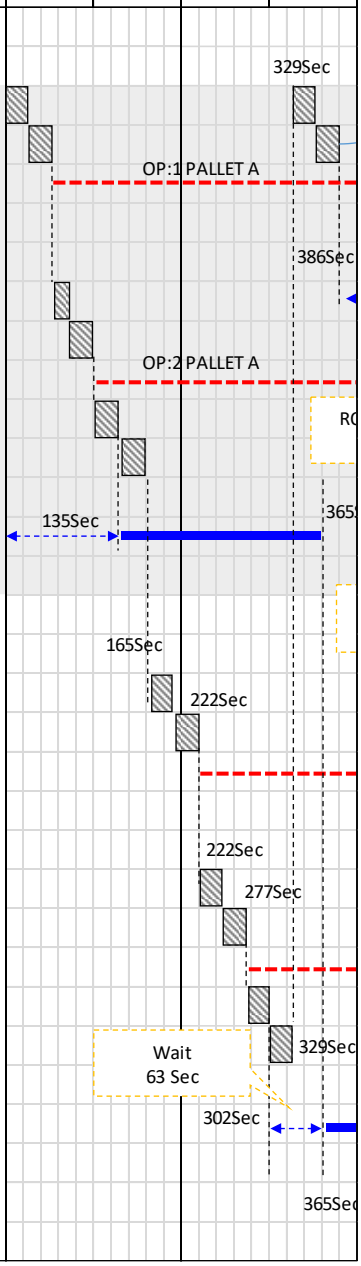
กิจกรรมการผลิต	ชื่อขั้นตอน	หุ่นยนต์	พนักงาน	เวลาทำงาน (วินาที)
ขัดลบครีบคมชิ้นงาน	-	-	ใช่	115
ตรวจสอบคุณภาพ	-	-	ใช่	52
จุ่มน้ำยากันสนิม	-	-	ใช่	7
เป่าทำความสะอาด	-	-	ใช่	42
บรรจุชิ้นงาน (Packing)	-	-	ใช่	7
โหลดงานเข้ารางส่งงานหล่อ	-	-	ใช่	8
เวลาเป้าหมายการทำงาน (วินาที)				230 วินาที

จากตารางที่ 4-5 แสดงเวลาการทำงานของหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถนำมาเขียนแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของคน เครื่องจักร และหุ่นยนต์ (Man machine and robot chart) ในสายการผลิตได้ดังนี้



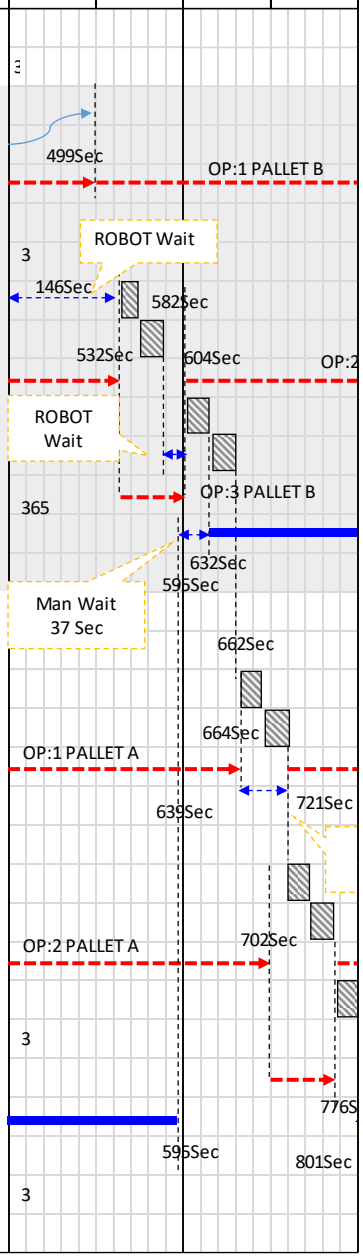
ภาพที่ 4-2 แผนภูมิการทำงานระหว่าง หุ่นยนต์ เครื่องจักร และพนักงานในสายการผลิต

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)			100	200	300	400
		M/C	ROBOT	MAN				
	ROBOT MOTOMAN MH110							
	Machine Running Pallet-B M/C-1							
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	27	-				
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	30	-				
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-				
	Machine Running Pallet-B M/C-2							
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	22	-				
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	28	-				
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-				
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	28	-				
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	30	-				
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-				
10	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230				
	Machine Running Pallet-B M/C-3							
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	25	-				
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	32	-				
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-				
	Machine Running Pallet-B M/C-4							
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	25	-				
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	30	-				
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-				
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	25	-				
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	27	-				
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-				
20	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230				



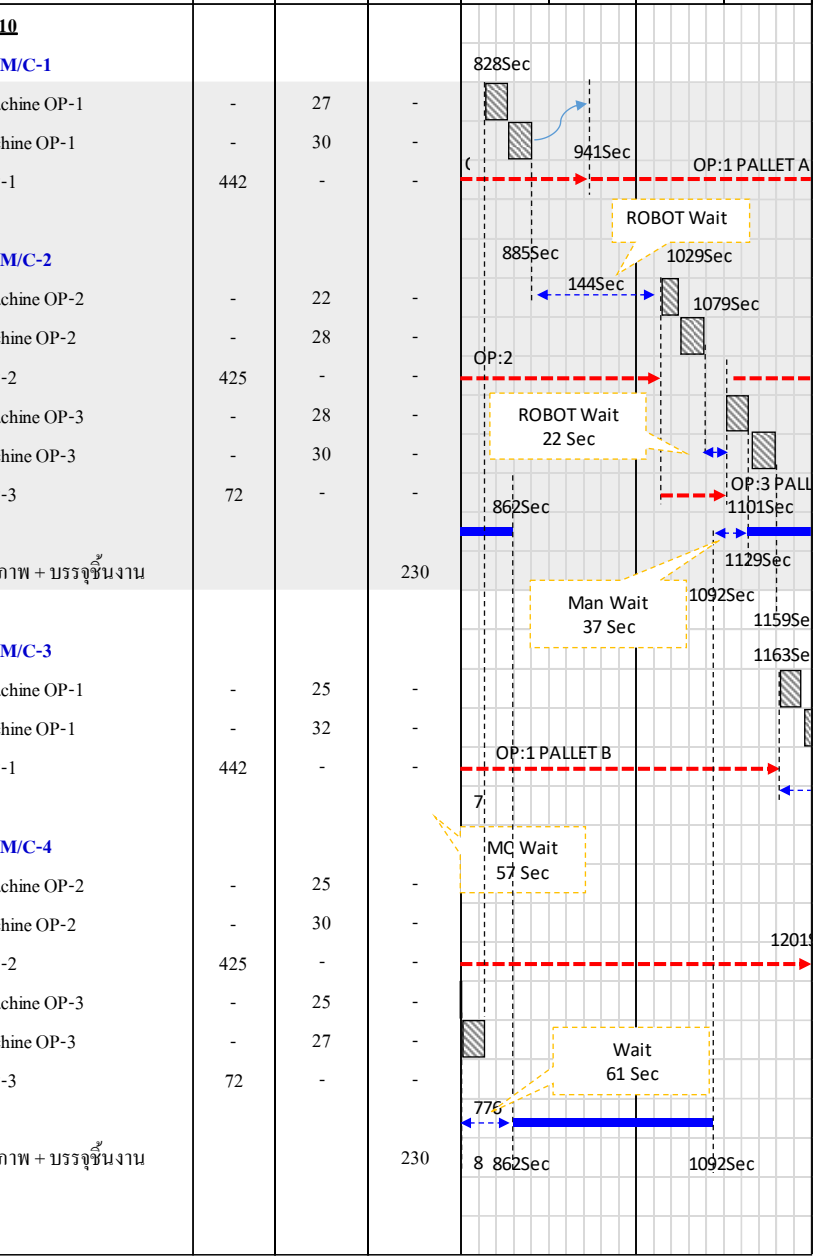
ภาพที่ 4-3 ภาพขยายแผนภูมิการทำงานระหว่าง หุ่นยนต์ เครื่องจักร และพนักงาน

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)			ช่วงเวลา (วินาที)
		M/C	ROBOT	MAN	500 600 700 800
	ROBOT MOTOMAN MH110				
	Machine Running Pallet-B M/C-1				
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	27	-	
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	30	-	
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-	
	Machine Running Pallet-B M/C-2				
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	22	-	
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	28	-	
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-	
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	28	-	
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	30	-	
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-	
10	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230	
	Machine Running Pallet-B M/C-3				
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	25	-	
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	32	-	
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-	
	Machine Running Pallet-B M/C-4				
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	25	-	
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	30	-	
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-	
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	25	-	
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	27	-	
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-	
20	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230	



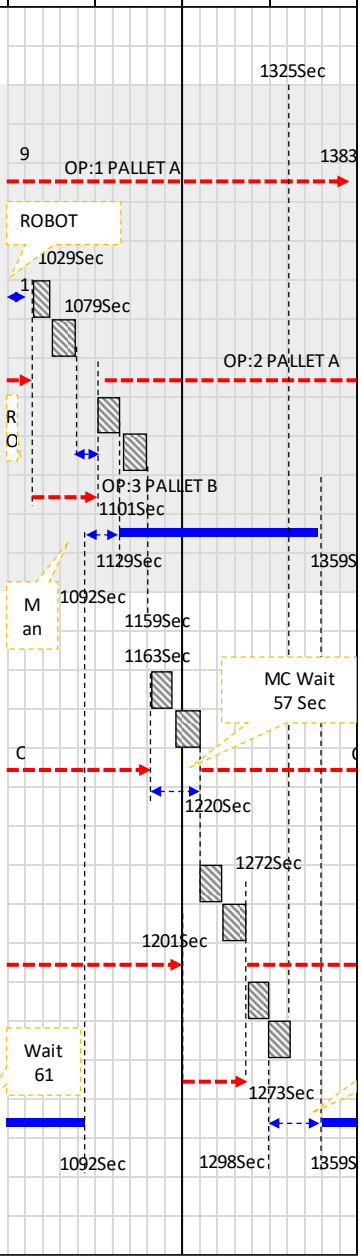
ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)			900	1000	1100	1200
		M/C	ROBOT	MAN				
	ROBOT MOTOMAN MH110							
	Machine Running Pallet-B M/C-1							
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	27	-				
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	30	-				
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-				
	Machine Running Pallet-B M/C-2							
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	22	-				
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	28	-				
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-				
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	28	-				
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	30	-				
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-				
10	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230				
	Machine Running Pallet-B M/C-3							
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	25	-				
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	32	-				
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-				
	Machine Running Pallet-B M/C-4							
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	25	-				
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	30	-				
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-				
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	25	-				
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	27	-				
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-				
20	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230				



ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน	เวลา (วินาที)			1100	1200	1300	1400
		M/C	ROBOT	MAN				
	ROBOT MOTOMAN MH110							
	Machine Running Pallet-B M/C-1							
1	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	27	-				
2	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	30	-				
3	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-				
	Machine Running Pallet-B M/C-2							
4	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	22	-				
5	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	28	-				
6	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-				
7	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	28	-				
8	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	30	-				
9	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-				
10	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230				
	Machine Running Pallet-B M/C-3							
11	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-1	-	25	-				
12	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-1	-	32	-				
13	ROBOT สั่ง Start Machine OP-1	442	-	-				
	Machine Running Pallet-B M/C-4							
14	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-2	-	25	-				
15	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-2	-	30	-				
16	ROBOT สั่ง Start Machine OP-2	425	-	-				
17	ROBOT หยิบงานออก JIG Machine OP-3	-	25	-				
18	ROBOT หยิบงานเข้า JIG Machine OP-3	-	27	-				
19	ROBOT สั่ง Start Machine OP-3	72	-	-				
20	ลบคมชิ้นงาน + ตรวจสอบคุณภาพ + บรรจุชิ้นงาน			230				



ภาพที่ 4-3 (ต่อ)

จากแผนภูมิความสัมพันธ์หลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 แสดงให้เห็นได้ว่ากระบวนการผลิตหลังการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการทำงาน มีการทำงานความสอดคล้องกับเครื่องจักร และพนักงานในสายการผลิต ดังนั้นเพื่อเป็นการตรวจสอบ และติดตามผลของการผลิตหลังการปรับปรุง ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการผลิตเพิ่มเติม เพื่อเทียบกับแผนการผลิตตามเป้าหมายของไลน์การผลิตปัจจุบัน ซึ่งสามารถแสดงผลการผลิตหลังการปรับปรุงได้ดังนี้

ตารางที่ 4-6 บันทึกผลการผลิตหลังการติดตั้งหุ่นยนต์ในกระบวนการผลิต

Line-1 (BRK-15/5) กะกลางวัน					Line-2 (BRK-15/6) กะกลางวัน				
เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ	เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ
08.10-9.00	6.03	4	-	เปลี่ยนทูล	08.15-9.00	6.03	4	-	เปลี่ยนทูล
09.00-10.00	7.25	5	-	ปรับตั้งค่า	09.00-10.00	7.25	5	-	
10.10-11.00	6.03	4	-	เปลี่ยนทูล	10.10-11.00	6.03	4	-	
11.00-12.00	7.25	3	-		11.00-12.00	7.25	3	-	เปลี่ยนทูล
12.00-13.00	-	-	-		12.00-13.00	-	-	-	
13.00-14.00	7.25	6	-		13.00-14.00	7.25	6	-	ปรับตั้งค่า
14.00-15.00	7.25	5	-	เปลี่ยนทูล	14.00-15.00	7.25	5	-	ปรับตั้งค่า
15.10-16.00	6.03	5	-		15.10-16.00	6.03	5	-	ปรับตั้งค่า
16.00-17.00	7.25	6	-		16.00-17.00	7.25	6	-	
17.30-18.00	3.62	3	-	ปรับตั้งค่า	17.30-18.00	3.62	3	-	
18.00-19.00	7.25	5	-		18.00-19.00	7.25	5	-	เปลี่ยนทูล
19.00-19.45	5.44	5	-		19.00-19.45	5.44	5	-	
เป้าหมาย	66	51			รวม	66	51		

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

Line-1 (BRK-15/5) กะกลางคืน					Line-2 (BRK-15/6) กะกลางคืน				
เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ	เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ
20.10-21.00	6.03	3	-	เปลี่ยนทูล	20.10-21.00	6.03	3	-	เปลี่ยนทูล
21.00-22.00	7.25	5	-	ปรับตั้งค่า	21.00-22.00	7.25	5	-	
22.30-23.00	3.62	3	-		22.30-23.00	3.62	3	-	
23.00-24.00	7.25	6	-		23.00-24.00	7.25	6	1	ปรับตั้งค่า
24.00-01.00	7.25	6	-		24.00-01.00	7.25	6	-	
01.00-02.00	7.25	4	1	ปรับตั้งค่า	01.00-02.00	7.25	4	-	เปลี่ยนทูล
02.00-02.30	3.62	3	-		02.00-02.30	3.62	3	-	
03.20-04.00	4.84	4	-	เปลี่ยนทูล	03.20-04.00	4.84	4	-	
04.00-05.00	7.25	6	-		04.00-05.00	7.25	6	-	
05.30-06.00	3.62	3	-		05.30-06.00	3.62	3	-	
06.00-07.00	7.25	6	-		06.00-07.00	7.25	6	-	
07.00-07.45	5.44	3	-		07.00-07.45	5.44	3	-	เปลี่ยนทูล
เป้าหมาย	66	53	1			71	66	1	

จากตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบผลการผลิตที่ได้จริงหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และเป้าหมายของไลน์การผลิต พบว่า โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ ถึงแม้ว่าจะสามารถทำงานได้ทันเวลาตามแผนภูมิ Man machine and robot chart (อ้างอิงภาพที่ 4-2) แต่กำลังการผลิตจริงไม่ได้ตามเป้าหมาย 65.5 ชิ้น/ไลน์ ซึ่งจากการตรวจสอบ พบว่า ช่วงเวลาในการผลิตจริง มีการหยุดการทำงานของหุ่นยนต์เพื่อปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักร และเปลี่ยนทูล (Cutting tool) ตามอายุการใช้งานบ่อยครั้ง ซึ่งทำให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการ เนื่องจากในการหยุดการทำงานของเครื่องจักรและหุ่นยนต์ใน 1 ครั้ง จะส่งผลต่อยอดการผลิตโดยรวมของไลน์การผลิตที่ 1 และไลน์การผลิตที่ 2 ซึ่งเป็นสาเหตุยอดการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย ดังตารางบันทึกบันผลการผลิตในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 จำนวน 20 วัน โดยมีผลการผลิตดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-7 ยอดการผลิตเดือนกุมภาพันธ์ 2561

วันที่	เป้าหมาย	ผลิตจริง	ผลต่าง	เวลาผลิตตามแผน (ช.ม.)	เวลาสูญเสีย (ช.ม.)	เวลาผลิตจริง (ช.ม.)
1	264	205	59	19.5	8.1	11.4
2	264	212	52	19.5	7.2	12.3
3	264	210	54	19.5	7.4	12.1
4	264	208	56	19.5	7.7	11.8
5	264	213	51	19.5	7.0	12.5
6	264	205	59	19.5	8.1	11.4
7	264	212	52	19.5	7.2	12.3
8	264	214	50	19.5	6.9	12.6
9	264	210	54	19.5	7.4	12.1
10	264	207	57	19.5	7.9	11.6
11	264	212	52	19.5	7.2	12.3
12	264	208	56	19.5	7.7	11.8
13	264	202	62	19.5	8.6	10.9
14	264	204	60	19.5	8.3	11.2
15	264	210	54	19.5	7.4	12.1
16	264	204	60	19.5	8.3	11.2
17	264	205	59	19.5	8.1	11.4
18	264	208	56	19.5	7.7	11.8
19	264	210	54	19.5	7.4	12.1
20	264	202	62	19.5	8.6	10.9
ค่าเฉลี่ย		208.05	59.95	19.50	7.72	11.78

สรุปผลการทดลองหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1

จากตารางที่ 4-7 แสดงผลการผลิตหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 โดยการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต และโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ตามกระบวนการผลิตปัจจุบัน (โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์อ้างอิงตามภาพที่ 4-1) จะเห็นได้ว่า เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตโดยเฉลี่ยคิดเป็น 7.7 ชั่วโมง/วัน ซึ่งทำให้ยอดการผลิตลดลงจากเป้าหมายคิดเป็น 55.95 ชิ้น/วัน คิดเป็น 21.2% จึงสามารถสรุปผลการทดลองครั้งที่ 1 ได้ว่า กระบวนการผลิตหลังการติดตั้งหุ่นยนต์ขาดประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากกระบวนการทำงานของไลน์การผลิตไม่ยืดหยุ่นต่อการทำงาน และ ไม่สอดคล้องต่อสถานะการผลจริง เกิดจากปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการผลิต เช่น การปรับตั้งค่าโปรแกรมแมชชีนหรือการเปลี่ยนทูลในระหว่างการผลิต ซึ่งเหตุการณ์เหล่านี้เป็นเวลาสูญเสียที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงขั้นตอนการทำงาน และ โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ใหม่ ในการปรับปรุงครั้งที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

2. โปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในการผลิตและผลการทดลองครั้งที่ 2

การปรับปรุงในครั้งที่ 2 ทางผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงลำดับการทำงานของหุ่นยนต์เพิ่มเติม เพื่อสร้างเงื่อนไขการทำงานของหุ่นยนต์ให้ยืดหยุ่นมากขึ้น จากเดิม (ทดลองครั้งที่ 1) การทำงานของหุ่นยนต์จะเป็นแบบลำดับขั้นการทำงาน คือ เริ่มต้นจากไลน์ผลิตที่ 1 ไปยังไลน์ผลิตที่ 2 ดังนั้นเพื่อให้ไลน์การผลิตที่ใช้หุ่นยนต์ในการทำงาน มีความยืดหยุ่นในการผลิตมากขึ้นทางผู้วิจัย จึงได้ปรับปรุงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ใหม่ และปรับปรุงพื้นที่การทำงานเพิ่มเติม โดยมีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

2.1 เพิ่มสัญญาณ Interface ระหว่างการทำงานของเครื่องจักรและหุ่นยนต์

2.1.1 Machine auto MC-1 Input In # 0065

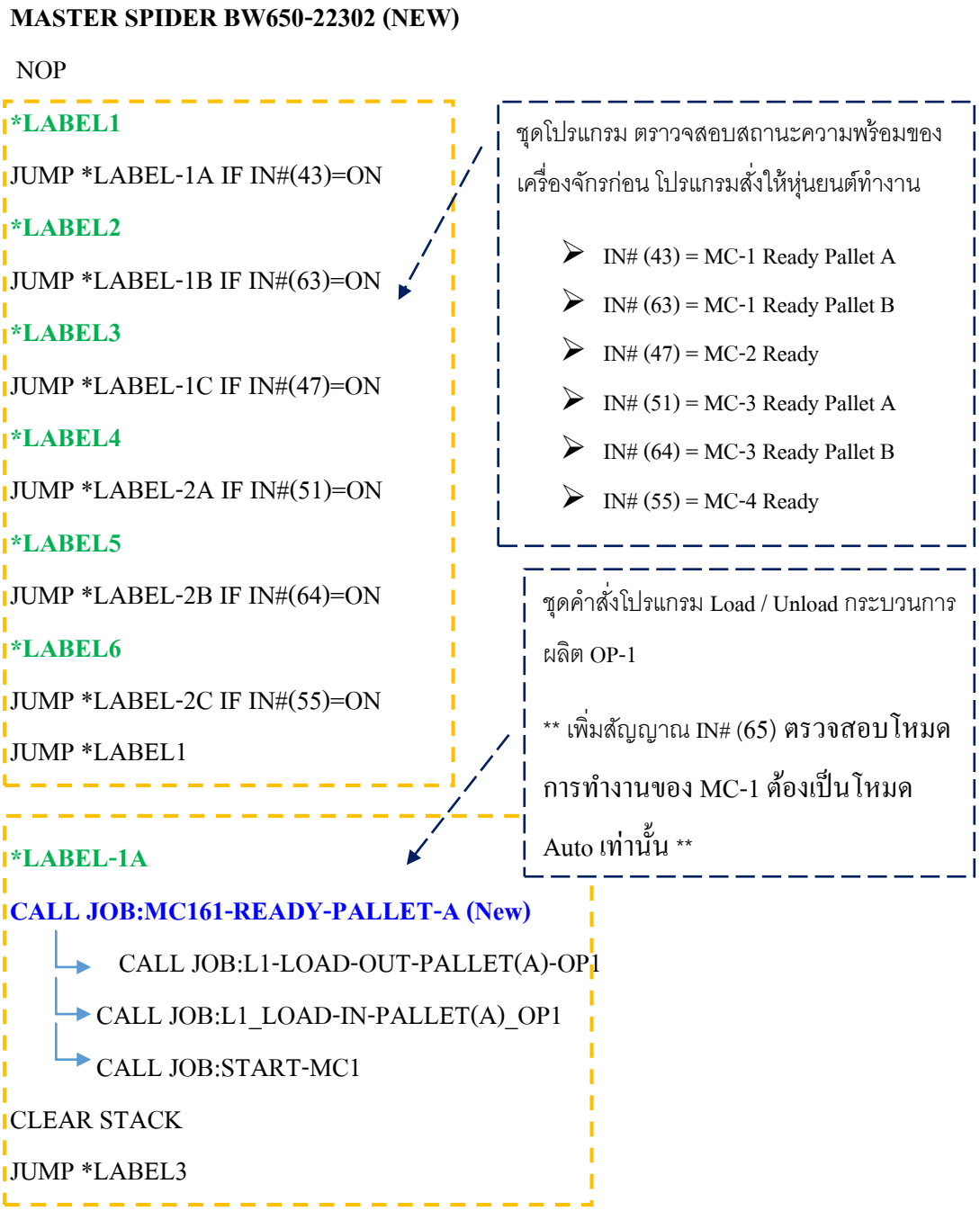
2.1.2 Machine auto MC-2 Input In # 0066

2.1.3 Machine auto MC-3 Input In # 0067

2.1.4 Machine auto MC-4 Input In # 0068

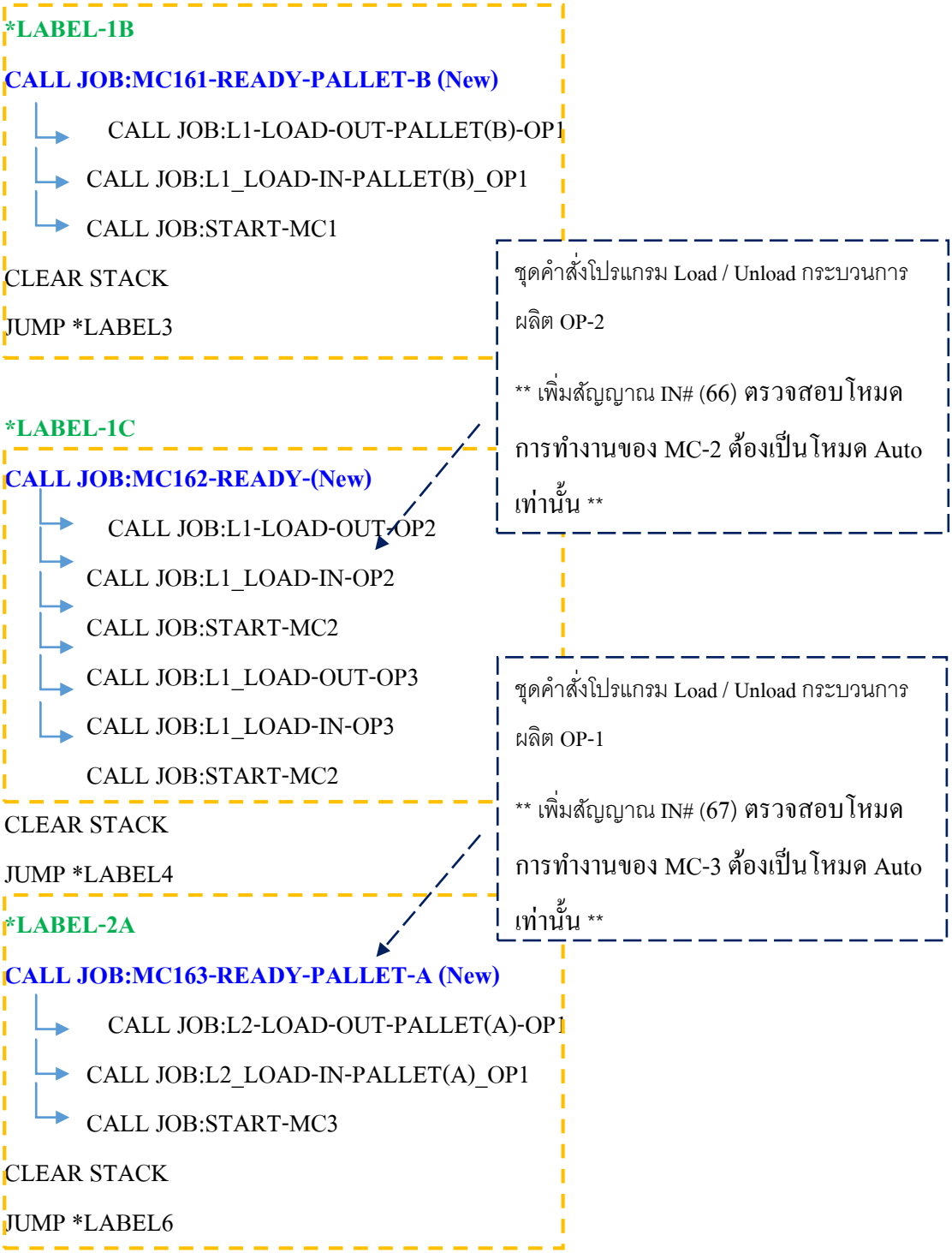
ในการปรับปรุงครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้กำหนดสัญญาณเครื่องจักรเพิ่มเติมจำนวน 4 ช่องสัญญาณ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความพร้อมของเครื่องจักรก่อนการเริ่มต้นการทำงานของหุ่นยนต์ ลำดับการทำงานของโปรแกรมในการปรับปรุงครั้งที่ 2 จะเป็นแบบวนรอบการทำงานเพื่อตรวจสอบความพร้อมของเครื่องจักร หากพบสัญญาณตามเงื่อนไขโปรแกรมหุ่นยนต์จะเข้าทำงานในเครื่องจักรนั้น โดยโปรแกรมที่ทำงานปรับปรุงสามารถแสดงได้ดังนี้

ลำดับการทำงานโปรแกรมควบคุม หลังการปรับปรุงครั้งที่-2 (Programing robot control)



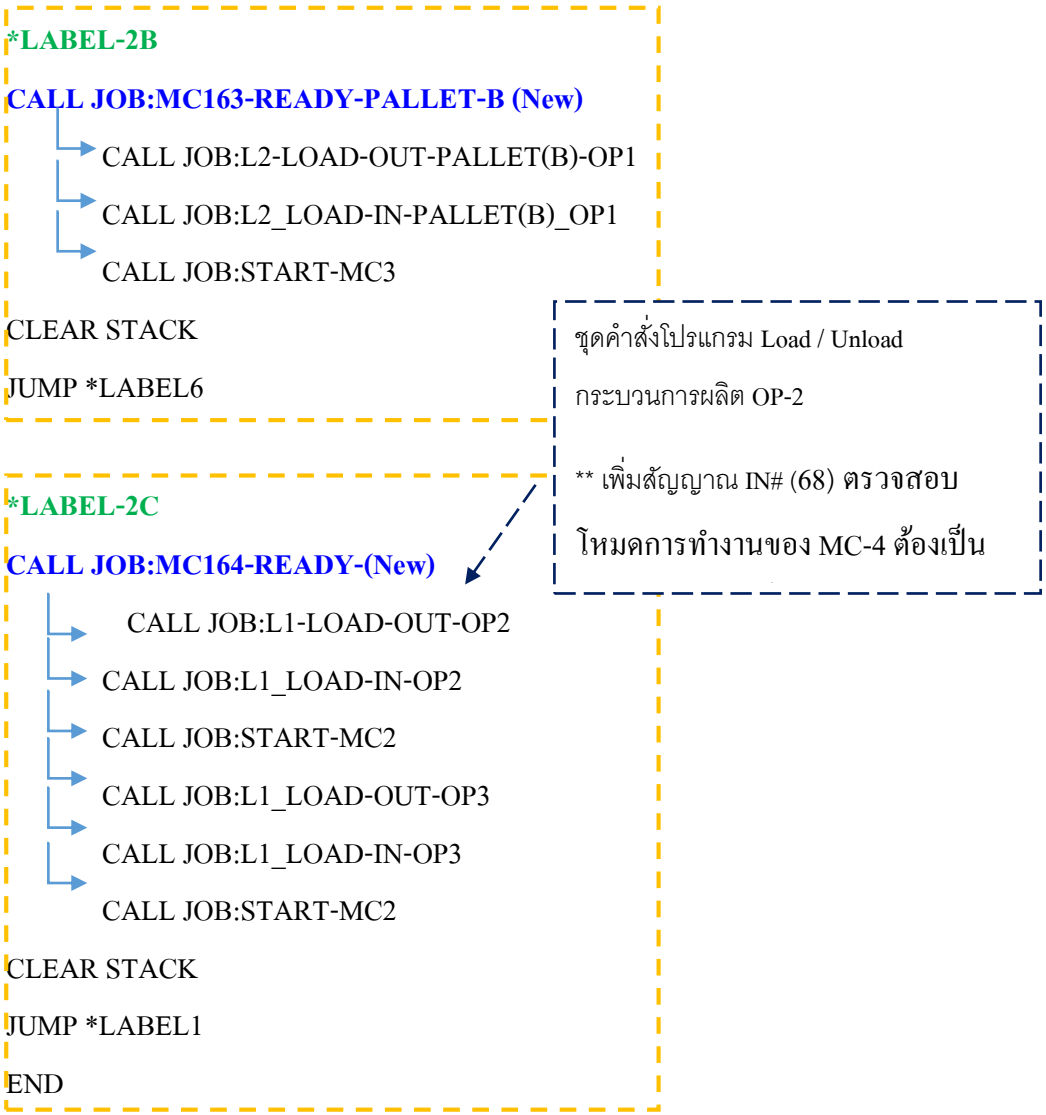
ภาพที่ 4-4 ลำดับโปรแกรมควบคุมการทำงานหลังปรับปรุงครั้งที่ 2

MASTER SPIDER BW650-22302



ภาพที่ 4-4 (ต่อ)

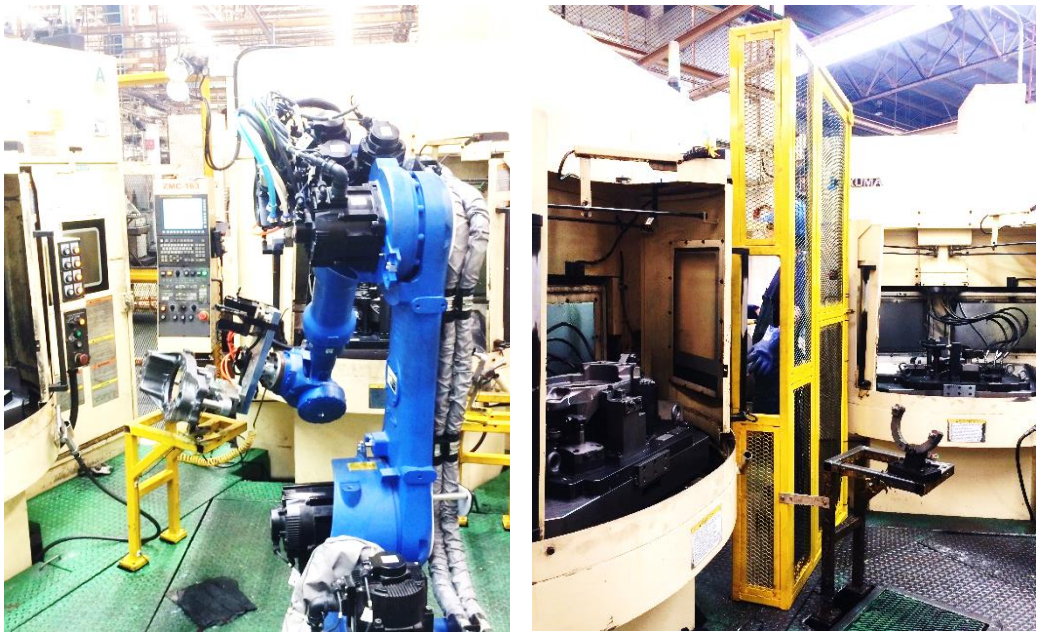
MASTER SPIDER BW650-22302



ภาพที่ 4-4 (ต่อ)

อธิบายการทำงานโปรแกรมควบคุมภาพที่ 4-4 โปรแกรมการทำงานหลัก (Master program) จะประกอบด้วยโปรแกรมย่อยที่ทำงานเชื่อมโยงกัน การทำงานของโปรแกรมจะทำงานจาก บน-ล่าง และจะวนรอบการทำงานอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแต่ละโปรแกรมย่อยจะประกอบด้วยโปรแกรมคำสั่งการทำงาน เช่น โปรแกรมหยิบชิ้นงานออกเครื่องจักร และโปรแกรมหยิบชิ้นงานเข้าเครื่องจักร เป็นต้น

2.2 ปรับปรุงพื้นที่การทำงาน เนื่องจากในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรเพื่อชดเชยคมตัดของทูลที่มีการสึกหรอจากการใช้งานหรือการเปลี่ยนทูล (Cutting tool) ตามพื้นที่ไลน์การผลิตเดิมก่อนการปรับปรุงครั้งที่ 2 จะเห็นได้ว่า พนักงานจะไม่สามารถเข้าไปทำการปรับตั้งค่าใด ๆ ได้ เนื่องจากการเข้าไปในพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ พนักงานจะต้องทำการหยุดการทำงานของหุ่นยนต์ ซึ่งผลที่ได้ คือ จะเกิดเวลาสูญเสียในการผลิตขึ้นทั้ง 2 ไลน์ (Line 1 และ Line 2) พร้อมกัน ดังนั้นเพื่อให้การทำงานของหุ่นยนต์สอดคล้องกับโปรแกรมที่ทำการปรับปรุงใหม่ จึงต้องทำรั้วกั้นเขตพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ โดยแยกส่วนควบคุมเครื่องจักรออกนอกพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ดังนี้



ปรับปรุงครั้งที่ 1 ปรับปรุงครั้งที่ 2

ภาพที่ 4-5 เปรียบเทียบไลน์การผลิตปัจจุบันหลังการปรับปรุงครั้งที่ 1 และ 2

จากภาพที่ 4-5 ในการปรับปรุงครั้งที่ 2 เป็นการติดตั้งรั้วกั้นบริเวณเครื่องจักรเพิ่มเติม โดยมีวัตถุประสงค์ในการติดตั้ง คือ กั้นส่วนควบคุม (Controller machine) และ พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ออกจากกัน เพื่อให้การปรับตั้งค่าโปรแกรมแมชชีนหรือการเปลี่ยนทูล สามารถทำได้โดยไม่หยุดการทำงานของหุ่นยนต์

จากผลการปรับปรุงครั้งที่ 2 พบว่า กระบวนการทำงานของไลน์การผลิตมีความต่อเนื่องมากขึ้น สามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าการปรับปรุงในครั้งที่ 1 ดังตารางบันทึกผลการผลิต (ภาคผนวก ข) ดังนี้

ตารางที่ 4-8 บันทึกผลการผลิตหลังการปรับปรุงการทำงานหุ่นยนต์ครั้งที่ 2

Line-1 (BRK-15/5) กะกลางวัน					Line-2 (BRK-15/6) กะกลางวัน				
เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ	เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ
08.10-9.00	6.03	4	-	เปลี่ยนทูล	08.15-9.00	6.03	5	-	เปลี่ยนทูล
09.00-10.00	7.25	6	-		09.00-10.00	7.25	6	-	
10.10-11.00	6.03	6	-		10.10-11.00	6.03	7	-	
11.00-12.00	7.25	7	-		11.00-12.00	7.25	5	-	เปลี่ยนทูล
12.00-13.00	-	6	-		12.00-13.00	-	6	-	
13.00-14.00	7.25	5	-	เปลี่ยนทูล	13.00-14.00	7.25	6	-	
14.00-15.00	7.25	6	-		14.00-15.00	7.25	6	-	
15.10-16.00	6.03	5	-		15.10-16.00	6.03	6	-	
16.00-17.00	7.25	6	-	ปรับตั้งค่า	16.00-17.00	7.25	5	-	เปลี่ยนทูล
17.30-18.00	3.62	4	-		17.30-18.00	3.62	4	-	
18.00-19.00	7.25	7	-		18.00-19.00	7.25	6	-	
19.00-19.45	5.44	6	-		19.00-19.45	5.44	5	-	ปรับตั้งค่า
เป้าหมาย	66	68			รวม	66	67		

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

Line-1 (BRK-15/5) กะกลางคืน					Line-2 (BRK-15/6) กะกลางคืน				
เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ	เวลาการผลิต	แผนผลิตใน	ผลิตจริง	ของเสียการ	หมายเหตุ
20.10-21.00	6.03	6	-		20.10-21.00	6.03	6	-	
21.00-22.00	7.25	6	-	เปลี่ยนทูล	21.00-22.00	7.25	7	-	
22.30-23.00	3.62	4	-		22.30-23.00	3.62	4	-	
23.00-24.00	7.25	6	-	เปลี่ยนทูล	23.00-24.00	7.25	6	-	ปรับตั้งค่า
24.00-01.00	7.25	7	-		24.00-01.00	7.25	7	-	
01.00-02.00	7.25	6	-	เปลี่ยนทูล	01.00-02.00	7.25	6	-	เปลี่ยนทูล
02.00-02.30	3.62	5	-		02.00-02.30	3.62	5	-	
03.20-04.00	4.84	5	-		03.20-04.00	4.84	5	-	
04.00-05.00	7.25	7	-		04.00-05.00	7.25	7	-	
05.30-06.00	3.62	4	-		05.30-06.00	3.62	6	-	
06.00-07.00	7.25	5	-	เปลี่ยนทูล	06.00-07.00	7.25	6	-	เปลี่ยนทูล
07.00-07.45	5.44	5	-		07.00-07.45	5.44	5	-	
เป้าหมาย	66	66	-			66	70	-	

$$\text{เป้าหมายการผลิต (แผนการผลิต)} = \frac{\text{ชั่วโมงการผลิต x ประสิทธิภาพไลน์การผลิต}}{\text{เวลาในการผลิต}}$$

$$= \frac{19.5 \text{ ชั่วโมง/วัน x } 3600 \text{ วินาที x } 93\%}{497 \text{ วินาที/ชิ้น}}$$

$$= 132 \text{ ชิ้น/วัน}$$

$$\text{หรือเท่ากับ} = 66 \text{ ชิ้น/กะ}$$

จากตารางที่ 4-7 ตารางบันทึกผลการผลิตจะเห็นได้ว่า หลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 กำลังการผลิตของไลน์การผลิตเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เก็บผลการผลิตเพิ่มเติมจำนวน 20 วัน

เพื่อตรวจสอบยอดการผลิตเทียบกับเป้าหมายของโครงการวิจัย และเป้าหมายของไลน์การผลิต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-9 ยอดการผลิตเดือนมีนาคม 2561

วันที่	เป้าหมาย	ผลิตจริง	ผลต่าง	เวลาผลิตตามแผน (ช.ม.)	เวลาสูญเสีย (ช.ม.)	เวลาผลิตจริง (ช.ม.)
1	264	264	0	19.5	0.0	19.5
2	264	261	-3	19.5	-0.4	19.9
3	264	259	-5	19.5	-0.7	20.2
4	264	263	-1	19.5	-0.1	19.6
5	264	266	2	19.5	0.3	19.2
6	264	268	4	19.5	0.6	18.9
7	264	265	1	19.5	0.1	19.4
8	264	268	4	19.5	0.6	18.9
9	264	270	6	19.5	0.8	18.7
10	264	260	-4	19.5	-0.6	20.1
11	264	262	-2	19.5	-0.3	19.8
12	264	264	0	19.5	0.0	19.5
13	264	260	-4	19.5	-0.6	20.1
14	264	265	1	19.5	0.1	19.4
15	264	267	3	19.5	0.4	19.1
16	264	262	-2	19.5	-0.3	19.8
17	264	260	-4	19.5	-0.6	20.1
18	264	262	-2	19.5	-0.3	19.8
19	264	264	0	19.5	0.0	19.5
20	264	265	1	19.5	0.1	19.4
ค่าเฉลี่ย		263.75	-0.25	19.50	-0.03	19.53

สรุปผลการทดลองหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2

จากตารางที่ 4-9 หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ และพื้นที่การผลิตใหม่ จะเห็นว่ายอดการผลิตต่ำกว่าเป้าหมาย 0.25 ชิ้น/วัน (ค่าเฉลี่ย 263.75 ชิ้น/วัน) และเวลาสูญเสียที่เกิดจากการปรับตั้งค่าโปรแกรมแมชชีน และการเปลี่ยนทูล (Cutting tool) ลดลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ชั่วโมง/วัน ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่ากำลังการผลิตโดยรวมของไลน์เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุงในครั้งที่ 2 หรือคิดเป็นกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นหลังการปรับปรุงดังนี้

$$\text{กำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น} = \frac{\text{กำลังการผลิตเฉลี่ยหลังการปรับปรุง} - \text{กำลังผลิตเฉลี่ยก่อนปรับปรุง}}{\text{กำลังการผลิตก่อนปรับปรุง}}$$

กำลังการผลิตเฉลี่ยหลังการปรับปรุง = 263.75 ชิ้น/วัน

กำลังการผลิตเฉลี่ยหลังการปรับปรุง = 208.50 ชิ้น/วัน (ปรับปรุงครั้งที่ 1)

ดังนั้นกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น = (263.75 – 208.5) ÷ 208.5

= 26.88%

สรุปผลหลังการปรับปรุงได้ว่า กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 26.88% ถึงแม้จะพบเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตบ้างเล็กน้อย แต่ไลน์การผลิตก็ยังมีความสามารถผลิตชิ้นงานให้ได้ตามเป้าหมายของไลน์การผลิต

การวิเคราะห์การลงทุนและผลตอบแทน

1. การลงทุนสำหรับการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต แบ่งเป็นรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4-10 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต

ลำดับ	รายการงบประมาณค่าใช้จ่าย	ราคา	หน่วย
1	หุ่นยนต์ Yaskawa MH110	1,350,000	บาท
2	PLC Controller และอุปกรณ์ไฟฟ้า	350,000	บาท
3	กริปเปอร์ (Gripper)	185,400	บาท
4	ค่าวัสดุและอุปกรณ์อื่น ๆ	150,000	บาท
	รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น	2,035,400	บาท

2. คำนวนต้นทุนชิ้นงานหลังติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต

ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงหลังดำเนินการติดตั้งหุ่นยนต์ พิจารณาจากกำลังการผลิตที่สามารถทำได้ โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยกำลังการผลิตที่ได้จากตารางที่ 4-8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 263.75 ชิ้น/วัน หรือคิดเป็นกำลังการผลิตโดยเฉลี่ย 13.5 ชิ้น/ชั่วโมง ดังนั้นยอดการผลิตของไลน์ที่สามารถทำได้ที่เวลา 500 ชั่วโมง/เดือน มีค่าเท่ากับ 6,750 ชิ้น/เดือน เมื่อพิจารณาความต้องการของลูกค้าจากตารางพยากรณ์ยอดขาย เดือนมกราคม-ธันวาคม ในปี 2561 ที่เพิ่มขึ้น 2% จากปี 2560 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-11 พยากรณ์ยอดการสั่งซื้อชิ้นงานตั้งแต่เดือนมกราคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561

เดือน	ยอดสั่งซื้อต่อเดือน (ชิ้น)	เดือน	ยอดสั่งซื้อต่อเดือน (ชิ้น)
มกราคม	6,426	กรกฎาคม	5,875
กุมภาพันธ์	5,783	สิงหาคม	7,069
มีนาคม	7,109	กันยายน	5,967
เมษายน	6,477	ตุลาคม	5,671
พฤษภาคม	5,651	พฤศจิกายน	6,416
มิถุนายน	5,834	ธันวาคม	4,651
ค่าเฉลี่ยการผลิตต่อเดือนที่ 500 ชม.			6,078

จากตารางที่ 4-11 จะเห็นได้ว่ากำลังการผลิตของไลน์หลังการปรับปรุง และติดตั้งหุ่นยนต์ ยังคงมีความสามารถที่จะรองรับความต้องการของลูกค้าได้ เนื่องจากมีกำลังการผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยในปี 2561 เท่ากับ 672 ชิ้น/ปี นอกจากนั้นการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิต ยังส่งผลต่อต้นทุนการผลิตโดยรวม โดยมีรายละเอียดต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

2.1 ต้นทุนด้านแรงงาน

จากบทที่ 3 ค่าแรงพนักงาน 1 คนมีค่าเท่ากับ

รวมค่าแรงพนักงาน 1 คน = เงินเดือน + ค่าล่วงเวลา + โบนัส (เฉลี่ย/ เดือน)

= 10,900 + 5,900 + 2,725

= 19,525 บาท/เดือน

คิดเป็นต้นทุนค่าแรงงาน บาท/ชิ้น ที่ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่กระบวนการผลิตทำได้หลังการติดตั้งหุ่นยนต์

กำลังผลิตเฉลี่ย = 6,750 ชิ้น/เดือน (Line 1+ Line 2)

ต้นทุนค่าแรงงาน = (ค่าแรง x จำนวนพนักงาน x กะ) ÷ ยอดการผลิต

= (19,525 บาท/เดือน x 1 คน x 2 กะ) ÷ 6,750 ชิ้น/เดือน

= 5.76 บาท/ชิ้น

2.2 การคำนวณต้นทุนค่าโสหุ้ย

จากการลงทุนติดตั้งหุ่นยนต์ในการผลิต ทำให้ต้นทุนค่าโสหุ้ยของไลน์การผลิตมีการเปลี่ยนแปลง โดยพิจารณาตามโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

2.2.1 ค่าเสื่อมเครื่องจักร แบ่งเป็นต้นทุนค่าเสื่อมเครื่องจักรก่อนการติดตั้งหุ่นยนต์ตามการคำนวนในบทที่ 3 มีค่าเท่ากับ 22.22 บาท/ ชิ้น และส่วนของหุ่นยนต์ที่ลงทุนเพิ่มเติม โดยต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงมีดังนี้

ค่าเสื่อม = ค่าเสื่อมเครื่องจักร + ค่าเสื่อมหุ่นยนต์

ค่าเสื่อมหุ่นยนต์ = {(ราคาเครื่องจักร ÷ จำนวนปีค่าเสื่อม) x จำนวนหุ่นยนต์}

÷ ยอดการผลิตต่อปี

= {(1,350,000 บาท ÷ 10 ปี) x 1 เครื่อง}

÷ (6,750 ชิ้น/เดือน x 12 เดือน/ปี)

= 0.17 บาท/ชิ้น

ดังนั้นต้นทุนค่าเสื่อมเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ

ค่าเสื่อม = 22.22 + 0.17 = 22.39 บาท/ชิ้น

2.2.2 ต้นทุนค่าอุปกรณ์และเครื่องมือสนับสนุนในการผลิต

จากตารางที่ 4-9 ต้นทุนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกิดจากการติดตั้งหุ่นยนต์ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการจัดทำระบบควบคุม (PLC Controller) ค่ากริปเปอร์ และค่าวัสดุอุปกรณ์อื่น ๆ คิดเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้นเท่ากับ 685,400 บาท ซึ่งมีอายุการใช้งานไม่เกิน 5 ปี และมีค่าบำรุงรักษาตามมาตรฐานโรงงานบริษัทกรณีศึกษา 5% ต่อปี ซึ่งสามารถคำนวณเป็นต้นทุนที่เพิ่มขึ้นได้ดังนี้

มูลค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ = ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ +

{(ค่าบำรุงรักษา 5% ต่อปี) x Tool life}

= 685,400 บาท + {(685,400 บาท x 5%) x 5}

= 856,750 บาท

คิดเป็นต้นทุนเครื่องมือและอุปกรณ์ (บาท/ชิ้น)

= มูลค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ ÷ ยอดการผลิต 5 ปี

= 856,750 ÷ (6,750 x 12 x 5)

= 2.12 บาท/ชิ้น

2.2.3 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจากการใช้หุ่นยนต์ในการผลิต

ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานจากการใช้หุ่นยนต์ในการผลิตรวมกับเครื่องจักรในไลน์การผลิต จะพิจารณาจากความต้องการใช้พลังงานเพิ่มเติม ซึ่งเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าจากโหลดหม้อแปลงของหุ่นยนต์ โดยมีค่าใช้จ่ายคิดเป็นรายละเอียดดังนี้

ความต้องการกำลังไฟฟ้าของหุ่นยนต์ = 5 kVA

จากสมการกำลังไฟฟ้า P (Watt) = S (VA) x CosØ

= S x P.F

= 5kVA x 0.8

= 4,000 Watt/Hr

ชั่วโมงการทำงาน 500 ชั่วโมง/เดือน = 500 x 4,000

= 2,000 kW/เดือน

ค่าไฟฟ้าโรงงาน = 5 บาท/หน่วย

คิดเป็นเงิน = 5 x 2,000 = 10,000 บาท/เดือน

คิดเป็นต้นทุน (บาท/ชิ้น) = ค่าไฟฟ้า ÷ ยอดการผลิต

= 10,000 ÷ 6,750

= 1.48 บาท/ชิ้น

ดังนั้นคิดเป็นต้นทุนค่าโสหุ้ยที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ

ค่าโสหุ้ย = ค่าเสื่อมเครื่องจักร + ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์ + ค่าไฟฟ้า

= 22.39 + 2.12 + 1.48

= 25.99 บาท/ชิ้น

ต้นทุนการผลิตชิ้นงาน = ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบ + ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน + ค่าโสหุ้ย

= 524.74 บาท + 5.76 บาท + 25.99 บาท

= 556.49 บาท/ชิ้น

เมื่อพิจารณาต้นทุนชิ้นงาน ก่อน-หลัง การติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิตสามารถสรุปและเปรียบเทียบความแตกต่างของต้นทุนชิ้นงานได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-12 ตารางเปรียบเทียบต้นทุนชิ้นงาน ก่อน-หลัง การติดตั้งหุ่นยนต์

ต้นทุนชิ้นงาน	ก่อนการติดตั้งหุ่นยนต์ (บาท/ชิ้น)	หลังการติดตั้งหุ่นยนต์ (บาท/ชิ้น)	ผลต่างของต้นทุน (บาท/ชิ้น)
ค่าวัตถุดิบ	524.74	524.74	0
ค่าแรงงาน	22.16	5.76	16.40
ค่าโสหุ้ย			
- ค่าเสื่อมเครื่องจักร	22.22	22.39	-0.17
- ค่าเครื่องมือและอุปกรณ์	ไม่พิจารณา	2.12	-2.12
- ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น	ไม่พิจารณา	1.48	-1.48
รวมเป็นต้นทุนชิ้นงาน	569.12	556.49	12.63

หมายเหตุ: ** ต้นทุนที่ได้ทางผู้วิจัยได้พิจารณาตามหมวดต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงหลัก ตามที่สามารถนำเสนอได้ เนื่องจากข้อมูลบางรายการเป็นข้อมูลของบริษัทซึ่งไม่อาจเปิดเผยได้ทั้งหมด

จากตารางที่ 4-12 จะเห็นได้ว่าต้นทุนชิ้นงานหลังจากทำการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการผลิตลดลง 12.63 บาท/ชิ้น หรือคิดเป็น 2.22% ซึ่งตามเป้าหมายของบริษัทต้องการลดต้นทุนการผลิตให้มีค่าเท่ากับ 557.96 บาท/ชิ้น นั้นหมายความว่าการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ระบบออโตเมชั่นเข้ามาช่วยในการผลิต ได้ต้นทุนหลังการปรับปรุงสำเร็จตามเป้าหมายโครงการ

3. พิจารณาการลงทุนและผลตอบแทน

จากการลงทุนที่เกิดขึ้น ทางผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากการลงทุนและผลตอบแทนที่ได้รับ โดยวิเคราะห์ความเป็นไปได้ด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การวิเคราะห์ NPV (Net present value), IRR (Interest rate of return) และ PB (Payback period) โดยพิจารณาจากกระแสเงินสดของโครงการที่มีการเปลี่ยนแปลงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-13 กระแสเงินสดของโครงการหลังการปรับปรุง

รายได้จากการดำเนินกิจกรรม	ปีที่ 1 พ.ศ. 2561	ปีที่ 2 พ.ศ. 2562	ปีที่ 3 พ.ศ. 2563	ปีที่ 4 พ.ศ. 2564	ปีที่ 5 พ.ศ. 2565	ปีที่ 6 พ.ศ. 2566
ปริมาณยอดผลิตที่ทำได้ (ชิ้น/ปี)	72,930	81,000	81,000	81,000	81,000	81,000
ผลต่างของต้นทุน (บาท/ชิ้น)	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63	12.63
กำไรที่เพิ่มขึ้น (บาท)	921,106	1,023,030	1,023,030	1,023,030	1,023,030	1,023,030
- ค่าเสื่อมหุ่นยนต์ (บาท)	135,000	135,000	135,000	135,000	135,000	135,000
+ มูลค่าหุ่นยนต์ (Salvage Cost)	-	-	-	-	-	540,000
รายได้ก่อนหักภาษี (บาท)	786,106	888,030	888,030	888,030	888,030	1,428,030
ภาษีเงินได้นิติบุคคล 20% (บาท)	157,221	177,606	177,606	177,606	177,606	285,606
รายได้หลังหักภาษี (บาท)	628,885	710,424	710,424	710,424	710,424	1,142,424
+ ค่าเสื่อมหุ่นยนต์ (บาท)	135,000	135,000	135,000	135,000	135,000	135,000
กระแสเงินสดจากการดำเนินงาน	763,885	845,424	845,424	845,424	845,424	1,277,424

หมายเหตุ: ** ระยะเวลาโครงการ พ.ศ. 2556 - พ.ศ. 2566 (Model life)

ตารางที่ 4-14 วิเคราะห์โครงการลงทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV)

รายการ	ปีที่ 0 พ.ศ. 2560	ปีที่ 1 พ.ศ. 2561	ปีที่ 2 พ.ศ. 2562	ปีที่ 3 พ.ศ. 2563	ปีที่ 4 พ.ศ. 2564	ปีที่ 5 พ.ศ. 2565	ปีที่ 6 พ.ศ. 2566
กระแสเงินสด (บาท)	0	763,885	845,424	845,424	845,424	845,424	1,277,424
ลงทุนหุ่นยนต์ (บาท)	- 1,350,000	-	-	-	-	-	-
PLC และ อุปกรณ์ไฟฟ้า (บาท)	- 350,000	-	-	-	-	-	-
กริปเปอร์ (Gripper)	-185,400	-	-	-	-	-	-
ค่าวัสดุและอุปกรณ์อื่น ๆ	-150,000	-	-	-	-	-	-
กระแสเงินสดจากการดำเนินงาน	- 2,035,400	763,885	845,424	845,424	845,424	845,424	1,277,424

หมายเหตุ: ** ต้นทุนทางการเงิน (WACC = 11.18%) อ้างอิงเอกสารการลงทุนของบริษัทกรณีศึกษา

$$NPV = -2{,}035{,}400 + \{(763{,}885 \div (1+11.18)^{1}\} + \{(845{,}424 \div (1+11.18)^{2}\} + \{(845{,}424 \div (1+11.18)^{3}\} + \{(845{,}424 \div (1+11.18)^{4}\} + \{(845{,}424 \div (1+11.18)^{5}\} + \{(1{,}277{,}424 \div (1+11.18)^{6}$$

$$= 1{,}678{,}119.24 \text{ บาท}$$

จากตารางที่ 4-14 สามารถคำนวณหาค่า IRR ได้ดังนี้

$$IRR = -2,035,400 + \{(763,885 \div (1+R)^1\} + \{(845,424 \div (1+R)^2\}$$
$$+ \{(845,424 \div (1+R)^3\} + \{(845,424 \div (1+R)^4\}$$
$$+ \{(845,424 \div (1+R)^5\} + \{(1,277,424 \div (1+R)^6\}$$
$$= 34.81\%$$

ตารางที่ 4-15 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB)

รายการ	ปีที่ 1	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	ปีที่ 4	ปีที่ 5	ปีที่ 6
เงินลงทุน	(2,035,400)	-	-	-	-	-	-
กำไร	-	763,885	845,424	845,424	845,424	845,424	1,277,424
คงเหลือ	(2,035,400)	(1,271,515)	(426,091)	419,333	1,264,757	2,110,181	3,387,605

จากตารางที่ 4-15 ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PB) เท่ากับ

$$PB = 2 + (426,091 \div 845,424)$$
$$= 2.5 \text{ ปี}$$

พิจารณาผลการลงทุนโครงการ

จากการลงทุนเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ ใช้งบการลงทุนทั้งสิ้น 2,035,400 บาท เมื่อโครงการสิ้นสุดในปี พ.ศ. 2566 กระแสเงินสดในโครงการเป็นบวก และเมื่อพิจารณาการลงทุนด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า NPV ของโครงการไม่ติดลบ และ IRR มีค่ามากกว่า WACC (IRR = 33.05% > WACC = 11.18%) ซึ่งสรุปได้ว่าโครงการลงทุนนี้มีผลตอบแทนทางการเงินที่คุ้มค่าต่อการลงทุน และมีระยะเวลาคืนทุน 2.5 ปี ตามเป้าหมายการลงทุนของบริษัทกรณีศึกษา

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

สรุปผลการดำเนินงาน

การวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นงานแมชชีน ชิ้นส่วนยานยนต์ชุดประกอบร่วม Drum brake โดยใช้ระบบการผลิตแบบอัตโนมัติเข้ามาช่วยในการผลิต เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าเป้าหมายของโรงงาน จากสาเหตุดังกล่าว ผู้วิจัยได้ใช้แผนภูมิก้างปลาเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ โดยผลของการวิเคราะห์พบว่า สาเหตุของต้นทุนการผลิตที่ไม่ได้ตามเป้าหมายมาจากการทำงานของพนักงานที่ยังขาดประสิทธิภาพ อันเนื่องมาจากกระบวนการทำงานของพนักงานก่อนการปรับปรุงไม่เหมาะสม ส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านสุขภาพการทำงานของพนักงาน เช่น พนักงานต้องยกชิ้นงาน เข้า-ออก จากเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงานสำเร็จรูปโดยเฉลี่ย 6 ครั้ง ต่อ 1 รอบการผลิต คิดเป็นน้ำหนักโดยเฉลี่ยที่พนักงาน 1 คนต้องยกชิ้นงานหนักเท่ากับ 75 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคูณกับจำนวนเป้าหมายการผลิตใน 1 วัน พบว่า พนักงานต้องยกชิ้นงานน้ำหนักรวมกันโดยเฉลี่ยมากถึง 5,250 กิโลกรัม เป็นสาเหตุให้เกิดความเมื่อยล้าจากการทำงาน และยังส่งผลเสียต่อกำลังการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย เมื่อตรวจสอบข้อมูลการจัดทำโครงการลงทุน (Feasibility study) ก่อนการปรับปรุงพบว่า ทรัพยากรด้านแรงงานตามการศึกษาโครงการลงทุนกำหนดให้ใช้พนักงานเพียง 1 คนต่อ 1 ไลน์การผลิต ดังนั้นการแก้ปัญหาความเมื่อยล้าเบื้องต้นของบริษัทในกรณีศึกษา คือ การเพิ่มจำนวนพนักงานเข้าไปช่วยในการผลิต 1 คน รวมเป็นพนักงานทั้งสิ้น 2 คน ต่อ 1 ไลน์การผลิต จึงเป็นสาเหตุของต้นทุนด้านแรงงานก่อนการปรับปรุงสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้

จากปัญหาต้นทุนที่สูงเกินเป้าหมาย ทางผู้วิจัยจึงเลือกการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเลือกใช้หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมเข้ามาช่วยในการผลิตแทนพนักงาน เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตที่สูงกว่าเป้าหมาย โดยใช้หุ่นยนต์ 1 ตัวทำงานร่วมกับเครื่องจักร CNC Machining center จำนวน 4 เครื่อง และเพื่อเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับการทำงานของหุ่นยนต์จึงจำเป็นต้องปรับปรุงพื้นที่การผลิต (Line layout) ให้เป็นแบบเซลล์การผลิตตามรูปแบบไลน์การผลิตที่ 3 (ตารางที่ 3-7) ซึ่งเป็นรูปแบบการผลิตที่ได้รับการคัดเลือกจากหน่วยงานในบริษัทที่ทำการศึกษา

หลังจากทำการติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยในการทำงานแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดลองดำเนินการผลิตตามเงื่อนไขโปรแกรมการทำงานหุ่นยนต์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น

2 ช่วง โดยในการทดลองครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้เลือกทำโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์เลียนแบบการทำงานตามกระบวนการผลิต และการทำงานของพนักงาน คือ การทำงานของหุ่นยนต์จะทำงานตามลำดับกระบวนการผลิต โดยเรียงลำดับการทำงานจากกระบวนการแมชชีนไลน์การผลิตที่ 1 ไปยังกระบวนการผลิตไลน์ที่ 2 และเรียงลำดับการทำงานจากกระบวนการแมชชีน กระบวนการผลิตที่ 1 กระบวนการผลิตที่ 2 และกระบวนการผลิตที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้พบว่า ถึงแม้การทำงานของหุ่นยนต์จะมีความสามารถในการผลิตชิ้นงานตามแผนภูมิการทำงาน Man machine and robot chart ก็ตาม แต่ด้วยเหตุปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนเครื่องมือการผลิต (Cutting tool) และปรับตั้งค่าเครื่องจักร ทำให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุของกำลังการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย หรือคิดเป็นเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ 7.71 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุให้มีการปรับปรุงการทำงานของหุ่นยนต์ในครั้งที่ 2

ในการทดลองครั้งที่ 2 ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ให้มีความยืดหยุ่นในการผลิตมากขึ้น และทำการปรับปรุงพื้นที่การผลิตเพิ่มเติม คือ การกั้นรั้วแยกส่วนควบคุมเครื่องจักรและพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ออกจากกัน สำหรับขั้นตอนการปรับปรุงโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เพิ่มเติมสัญญาณของเครื่องจักรเข้ามาช่วยในการควบคุม โดยก่อนจะให้หุ่นยนต์เข้าทำงานในเครื่องจักร เครื่องใดเครื่องหนึ่งนั้น โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์จะต้องตรวจสอบความพร้อมของเครื่องจักรก่อนเสมอ ซึ่งหากโปรแกรมการทำงานตรวจพบว่า สัญญาณความพร้อมของเครื่องจักรนั้นขาดหาย (เกิดจากการเข้าทำการปรับตั้งค่าเครื่องจักรหรือการเปลี่ยนเครื่องมือการผลิต และเครื่องจักรมีการแจ้งเตือน) โปรแกรมจะไม่สั่งการให้หุ่นยนต์เข้าทำงานที่เครื่องจักรนั้น แต่จะให้ทำงานในเครื่องจักรถัดไป จากผลทดลองการผลิตในครั้งที่ 2 พบว่า กำลังการผลิตโดยรวมหลังการปรับปรุงครั้งที่ 2 เทียบกับการปรับปรุงครั้งที่ 1 เพิ่มขึ้น 26.88% และกำลังการผลิตเฉลี่ยต่ำกว่าเป้าหมาย 0.25 ชิ้น ต่อ 1 วัน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 263.75 ชิ้น ต่อ 1 วัน) โดยที่เวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 0.03 ชั่วโมงต่อ 1 วัน

จากการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ด้วยการหา NPV, IRR และ Payback period จากการลงทุนทั้งสิ้นตลอดโครงการเท่ากับ 2,035,400 บาท ในการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงเศรษฐศาสตร์ ได้นำผลของต้นทุนที่มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการปรับปรุงจากตารางที่ 4-12 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 12.63 บาทต่อ 1 ชิ้น ในการหาค่ากระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งผลที่ได้นำไปคำนวนหาค่า NPV ในปีที่สิ้นสุดโครงการมีค่าเท่ากับ 1,678,119.24 บาท และ IRR มีค่าเท่ากับ 34.81% ซึ่งมีค่ามากกว่า WACC ที่ 11.18% โดยที่ค่า PB ของโครงการมีค่าเท่ากับ 2.5 ปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์สามารถสรุปได้ว่าการลงทุนเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนและเป็นไปตามเป้าหมายงานวิจัย

อภิปรายผลการดำเนินงาน

จากผลการดำเนินงานปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้ระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วยการปรับปรุงในด้านต่าง ๆ ที่สนับสนุนซึ่งกันและกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การปรับปรุงพื้นที่การผลิต (Line layout) เป็นการปรับปรุงไลน์การผลิตแบบเซลล์การผลิต ที่ประกอบด้วยเครื่องจักร CNC Machining Center จำนวน 4 เครื่อง ในการปรับปรุงครั้งนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนการผลิตโดยใช้หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม ในการกำหนดพื้นที่ภายในของไลน์การผลิตจะคำนวณตามระยะทางที่หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมสามารถเอื้อมถึงได้ ซึ่งรูปแบบพื้นที่ไลน์การผลิตสามารถอธิบายได้ตามตารางที่ 3-6

2. การออกแบบและจัดทำอุปกรณ์สนับสนุนการผลิต การออกแบบและจัดทำในครั้งนี้ประกอบไปด้วยชุดรางส่งชิ้นงาน รั้วกั้นพื้นที่การทำงาน ชุดอุปกรณ์พักงานระหว่างกระบวนการผลิต และกริปเปอร์ ซึ่งในการออกแบบอุปกรณ์เหล่านี้ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงลักษณะการใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์ โดยเน้นด้านความปลอดภัยในการใช้งาน ง่ายต่อการบำรุงรักษา และสามารถจัดทำได้ในราคาไม่แพง เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการดำเนินงานติดตั้ง

3. การติดตั้งหุ่นยนต์ช่วยทำงานในกระบวนการผลิต ผู้วิจัยเลือกใช้หุ่นยนต์ขนาด 110 กิโลกรัม (Yaskawa MH110) ในการผลิตร่วมกับเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง แทนการทำงานของพนักงาน เนื่องจากระยะทางที่หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ตามพื้นที่การผลิต (Layout) หลังการปรับปรุง มีระยะการทำงาน 2,236 มม. และเป็นหุ่นยนต์ที่ทีมงานมีความคุ้นเคยในการใช้งาน สามารถทำโปรแกรมควบคุมการทำงานหุ่นยนต์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้

4. การออกแบบโปรแกรมการทำงาน การออกแบบโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์มีเป้าหมาย คือ หุ่นยนต์สามารถทำงานได้ทันตามกระบวนการผลิตที่สอดคล้องกับการทำงานของเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง ซึ่งผลที่ได้พบว่า การปรับปรุงโปรแกรมการทำงานในครั้งที่ 2 ให้กำลังการผลิตที่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า เมื่อเทียบกับการพยากรณ์ยอดขายในปี พ.ศ. 2561 ถึงแม้ว่ากำลังการผลิตโดยเฉลี่ยต่ำกว่าเป้าหมายการผลิต 0.25 ชิ้น/วัน

5. กำลังการผลิต ความแตกต่างของกำลังการผลิตที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงไลน์การผลิตและโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ในการปรับปรุงครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า กำลังการผลิตขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ ซึ่งสิ่งที่ทำให้การผลิตไม่ต่อเนื่องและเกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการ มีสาเหตุจากปัจจัยภายนอก เช่น เกิดเวลาสูญเสียจากการปรับตั้งเครื่องจักรและการเปลี่ยนเครื่องมือในการผลิต (Cutting tool) ดังนั้นการปรับปรุงโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ในครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นการสร้างทางเลือกในการทำงานของหุ่นยนต์ที่มีความยืดหยุ่นในการผลิตสูง จึงสามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงในครั้งที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ย

เท่ากับ 7.71 ชั่วโมง/วัน เหลือเพียง 0.034 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นเวลาสูญเสียที่ลดลงเท่ากับ 99.5% สรุปได้ว่าในการปรับปรุงครั้งที่ 2 ตอบสนองต่อกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติและให้ผลของกำลังการผลิตเป็นไปตามเป้าหมาย

6. ด้านคุณภาพของชิ้นงานหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยในการผลิตทดแทนพนักงานพบว่า คุณภาพของชิ้นงานไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากในการผลิตด้วยกระบวนการแมชชีน (Process machine) ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานขึ้นอยู่กับความความแข็งแรงของเครื่องมือจับยึดชิ้นงาน (Jig fixture) และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต (Cutting tool) เป็นปัจจัยสำคัญ ส่วนการทำงานของหุ่นยนต์ใช้ในการหยิบจับชิ้นงานเข้าและออกเครื่องจักรให้ทันรอบการผลิตของเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่องเท่านั้น จึงไม่ส่งผลกระทบในด้านคุณภาพของชิ้นงานที่เกิดขึ้น แต่เป็นการช่วยให้พนักงานสามารถใช้เวลาในการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน (Final inspection) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นก่อนการส่งมอบชิ้นงานให้กับลูกค้า

7. ต้นทุนชิ้นงาน จากการปรับปรุงในด้านต่าง ๆ ส่งผลให้ต้นทุนในการบวนการผลิตลดลง 12.63 บาท/ชิ้น โดยต้นทุนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด คือ ต้นทุนด้านแรงงาน เนื่องจากการใช้หุ่นยนต์ผลิตชิ้นงานแทนพนักงานจำนวน 3 คน ต่อ 1 กะ โดยที่กำลังการผลิตไม่มีการเปลี่ยนแปลง นอกจากนั้นยังพบว่า การใช้หุ่นยนต์ในการผลิตยังช่วยลดภาระการทำงานของพนักงาน ลดปัญหาด้านสุขภาพและความเมื่อยล้าจาการทำงานได้

ผลที่ได้รับจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

1. หุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรม สามารถทำงานทดแทนพนักงานในกระบวนการผลิตได้เช่นเดียวกับการทำงานของพนักงาน โดยที่ไม่ส่งผลกระทบด้านคุณภาพของชิ้นงาน

2. การทำงานของหุ่นยนต์ผ่านโปรแกรมการควบคุมการทำงาน มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำในการผลิตชิ้นงานสูง สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามเป้าหมาย

3. การใช้หุ่นยนต์ช่วยในกระบวนการผลิตสามารถลดต้นในการผลิตชิ้นงานได้ เนื่องจากสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำตามโปรแกรมที่ตั้งไว้

4. การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์สามารถปรับเปลี่ยนได้ง่าย โดยการโปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์ใหม่

ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตหลังการติดตั้งระบบการผลิตแบบอัตโนมัติ

1. เวลาสูญเสียในกระบวนการผลิต ที่เกิดจากการหยุดการผลิตของเครื่องจักรเพื่อปรับตั้งค่าแมชชีน และการเปลี่ยนเครื่องมือในการผลิต (Cutting tool) จากการสำรวจปัญหาพบว่าในการปรับตั้งค่าเครื่องจักร และเปลี่ยนเครื่องมือในการผลิตในแต่ละครั้ง เครื่องจักรจะหยุดการ

ผลิตโดยเฉลี่ย 5 นาที/ครั้ง และใน 1 วันอาจมีการหยุดเครื่องจักรมากกว่า 3 ครั้ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กำลังการผลิตไม่ได้ตามเป้าหมาย

2. เวลาในกระบวนการผลิตชิ้นงานของเครื่องจักร OP-2 และ OP-3 มีค่าความแตกต่างของเวลาในการผลิตเท่ากับ 425 – 72 = 353 วินาที ซึ่งการปรับปรุงการทำงานของหุ่นยนต์ในการผลิตให้เร็วขึ้นนั้น ก็ไม่อาจทำให้กำลังการผลิตของไลน์เพิ่มขึ้นได้ หากไม่มีการปรับปรุงเวลาการทำงานของเครื่องจักรให้สมดุลกัน (Balance process)

3. การขาดความรู้ และทักษะด้านเทคโนโลยีในการผลิตของพนักงาน เนื่องจากหุ่นยนต์แขนกลอุตสาหกรรมเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เกิดขึ้นในสายการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา เมื่อเกิดปัญหาระหว่างการผลิต พนักงานไม่สามารถแก้ไขปัญหาด้วยต้นเองได้ จำเป็นต้องเรียกผู้เชี่ยวชาญจากภายนอก ซึ่งอาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม และเสียเวลาในการรอคอยเป็นเวลานาน

ข้อเสนอแนะ

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ที่ส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตชิ้นงานไม่ได้ตามเป้าหมาย และกระบวนการทำงานที่ยังขาดประสิทธิภาพ ผู้วิจัยขอนำเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาเพื่อเป็นการปรับปรุงการทำงานให้ดียิ่งขึ้นดังนี้

1. การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการที่เกิดจากการเปลี่ยนเครื่องมือในการผลิต สามารถทำการแก้ไขได้โดยการจัดทำเครื่องมือในการผลิตชุดสำรอง (Spare Tool) โดยเริ่มต้นจากการศึกษาและเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องมือในการผลิต (Cutting Tool) ที่มีอายุการใช้งานน้อย และต้องใช้เวลานานในการเปลี่ยน 1 ครั้ง ร่วมกับการควบคุมอายุการใช้งานอย่างเคร่งครัด เพื่อจัดทำข้อมูลและกำหนดเป็นมาตรฐานในการเปลี่ยนเครื่องมือในการผลิต หรือพยากรณ์อายุการใช้งานล่วงหน้า เพื่อช่วยในการจัดเตรียมและปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว

2. ทรัพยากรบุคคลถือได้ว่ามีความสำคัญต่อองค์กรเป็นอย่างมาก การฝึกฝนพนักงานให้มีความรู้ และทักษะเชี่ยวชาญย่อมเกิดผลดีต่อองค์กร ดังนั้นพนักงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้งานด้านเทคโนโลยี ต้องได้รับการอบรบอย่างถูกต้องเพื่อประโยชน์ในการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการทำงาน และเป็นกำลังสำคัญให้กับองค์กรในอนาคต

บรรณานุกรม

กนกวรรณ พันกับ. (2553). การปรับปรุงสถานีทำงานเพื่อลดความเมื่อยล้ากล้ามเนื้อของผู้ปฏิบัติงานกลุ่มคนงานหญิงในงานหัตถกรรมการผลิตกระดาษสา. *วิศวกรรมสารมก, 73*(23), 85-94.

เขตสุด บ้านเสื่อ. (2558). *การวิเคราะห์และออกแบบกระบวนการผลิตสำหรับเบาะนั่งรถยนต์โดยเทคนิคลำดับการปฏิบัติงานของเมนาร์ด*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

จอมภพ ละออ และประจัก ลำจวน. (2560). การออกแบบและสร้างหุ่นยนต์แบบคาร์ทีเซียน, *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, *1*(7), 174-191

จิตรา รู้กิจการพานิช. (2557). *ออกแบบการทำงาน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จำลักษณ์ ขุนพลแก้ว. (2546). *หลักการเพิ่มผลผลิต* = Basic productivity improvement. กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

ชนินทร เพ็ญสูตร. (2560). ประเทศไทย 4.0 บริบททาง เศรษฐกิจ และการเมือง. *วารสารรัฐศาสตร์และรัฐประศาสนศาสตร์*, *8*(1), 67-99.

ชัยนนท์ ศรีสุภินานนท์. (2535). *การออกแบบผังโรงงาน: เพื่อเพิ่มผลผลิต*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ทศพร อัศวรังษี. (2559). ระเบียบวิธีการเพื่อการออกแบบชุดอุปกรณ์เสริมสำหรับเครื่องจักรอัตโนมัติ: กรณีศึกษาโมดูลหยิบจับชิ้นงานของเครื่องซีเอ็นซีแมชชีนนิ่งเซ็นเตอร์, *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 2(11), 1-13.

ธนากร บุญทัน. (2558). *การประมาณค่าแรงบิดโหลดที่กระทำบนข้อต่อของแขนกลหุ่นยนต์โดยใช้วิธีการชดเชยแบบปรับตัวได้*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธเนศ รัตนวิไล. (2554). การพัฒนาเซลล์การผลิตอัตโนมัติ: กรณีศึกษาเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 21*(3), 549-558.

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2555). *หุ่นยนต์อุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ประจวบ กล่อมจิตร. (2557). *เทคนิคการเพิ่มผลผลิตในองค์กร: หลักการและตัวอย่างการปฏิบัติ = Productivity improvement: principle and practice*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปณิธิ ศิรอักษร. (2551). การโปรแกรมหุ่นยนต์ด้วยวิธีสาธิตเพื่อการประกอบชิ้นงาน, *การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย*, *1*(22), 365-369.

พชระ แซ่โง้ว และบรรพต วิรุณราช. (2560). นโยบายการใช้หุ่นยนต์ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ภาคตะวันออกประเทศไทย. *วารสารวิทยาลัยพาณิชยศาสตร์บูรพาปริทัศน์, 12*(1), 129-143.

พันศักดิ์ เนระแก. (2558). *การออกแบบหุ่นยนต์แบบหยิบและวางที่ใช้ระบบการมองเห็นของเครื่องจักร*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ภูกิจ คำนึงธรรมกุลชา. (2554). *การออกแบบ และปรับปรุงการทำงาน สถานีงาน และสภาพแวดล้อมของกระบวนการผลิตชิ้นงาน* Arc Stack Medium *โดยใช้หลักการยศาสตร์*. มหาวิทยาลัยบูรพา.

รังสรรค์ เลิศในสัตย์ และ ณัฏฐพงศ์ สอนสุวิทย์. (2550). *คู่มือการบริหารการผลิตอย่างมืออาชีพ*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วรรณี เตโชโยธิน. (2558). *การบริหารต้นทุน*. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์.

วันชัย ริจิรวนิช. (2541). *การออกแบบผังโรงงาน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันชัย ริจิรวนิช. (2543). *การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม: เทคนิคและกรณีศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วทัญญู แสนโภชน์. (2559). การออกแบบแผนผังโรงงานกล่องกระดาษลูกฟูก สาหรับปัญหาความต้องการที่ไม่แน่นอน. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, 1*(4), 16-25.

วิทยา อินทร์สอน. (2016). *เทคนิคการเพิ่มผลผลิตโดยการลดความสูญเสีย*. เข้าถึงได้จาก http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1421&section=4&issues=81

วิษณุ รัตนะ. (2554). การพัฒนาเซลล์การผลิตอัตโนมัติ: กรณีศึกษาเครื่องกัดซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม, *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 3*(21), 549-558.

วิสิฏฐ์ศรี บริบูรณ์. (2558). *การปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเสริมแรงประตูรถยนต์ด้วยแนวคิดระบบการผลิตแบบลีน*. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ไวกูณฐ์ โอมพรนุวัฒน์. (2556). การวิเคราะห์ต้นทุนรายปีของการปรับปรุงกระบวนการขนส่งชิ้นส่วนรอการผลิตในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. *UBU Engineering Journal, 6*(1), 88-102.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. (2560). *SME ไทยก้าวทันกระแสยานยนต์ยุค 4.0 แล้วหรือยัง*. เข้าถึงได้จาก https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/ThaiAutomotive4.pdf

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2560). *สถิติการผลิตรถยนต์เดือนพฤษภาคม 2560.* เข้าถึงได้จาก http://www.fti.or.th/2016/thai/ftitechnicalsubdetail.aspx?id=1059

สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. (2548). *การบริหารการผลิตและการดำเนินงาน = Production & operations management*. กรุงเทพฯ:

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรี. (2560). *สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560 - 2564*. เข้าถึงได้จาก http://www.nesdb.go.th/download/plan12/สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังแห่งชาติฉบับที่ 12.pdf

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. (2559). *ส่งเสริมการลงทุน 50 ปี บีโอไอ.* เข้าถึงได้จาก http://www.boi.go.th/upload/content/BOI_Jan59_84418.pdf

อติพร เกิดเรือง. (2560). การส่งเสริมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อรองรับสังคมไทยในยุคดิจิทัล. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 6*(1), 173-184.

อิงดาว วิมล. (2558). การพัฒนาระบบการประเมินต้นทุนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตคอยล์สปริงสำหรับยานยนต์. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 24*(3), 549-559.

ABB. (2012). *ABB IRB 340.* Retrieved form https://www04.abb.com/global/seitp/seitp202.nsf/c71c66c1f02e6575c125711f004660e6/d3900b3c7489746bc12571b700351d6c/$FILE/Data+Sheet+IRB+340HR.pdf

Carlos Gonzalez. (2016). What's the Difference Between Industrial Robots?. Retrieved form http://www.machinedesign.com/robotics/what-s-difference-between-industrial-robots

Genius Devils. (2013). *cartesian robo*t. Retrieved form http://geniusdevils.com/2013/05/what-is-an-industrial-robot/cartesian-robot

Modern Manufacturing. (2017). *พื้นฐานหุ่นยนต์ในงานอุตสาหกรรม ฉบับผู้ใช้งาน*. เข้าถึงได้จาก https://www.mmthailand.com/พื้นฐานหุ่นยนต์-อุตฯ

Yaskawa Electric Corporation. (2013). *OPERATOR'S MANUAL*. Yaskawa Electric Corporation.

Yayinlanma Tarihi. (2013). *Robot Yilan Üretildi*. Retrieved form http://www.tipeez.com/ch/main/news/profezor/9687/robot-yilan-uretildi.aspx

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โปรแกรมการทำงานของหุ่นยนต์

โปรแกรมการทำงานหุ่นยนต์

(Main Program)

JOB NAME

MASTER SPIDER BW650-22302

```
NOP
*LABEL1
JUMP *LABEL-1A IF IN# (43) = ON
*LABEL2
JUMP *LABEL-1B IF IN# (63) = ON
*LABEL3
JUMP *LABEL-1C IF IN# (47) = ON
*LABEL4
JUMP *LABEL-2A IF IN# (51) = ON
*LABEL5
JUMP *LABEL-2B IF IN# (64) = ON
*LABEL6
JUMP *LABEL-2C IF IN# (55) = ON
JUMP *LABEL1
*LABEL-1A
CALL JOB: MC161-READY-PALLET-A
CLEAR STACK
JUMP *LABEL3
*LABEL-1B
CALL JOB: MC161-READY-PALLET-B
CLEAR STACK
JUMP *LABEL3
*LABEL-1C
CALL JOB: MC162-READY
CLEAR STACK
JUMP *LABEL4
*LABEL-2A
CALL JOB: MC163-READY-PALLET-A
CLEAR STACK
JUMP *LABEL6
*LABEL-2B
CALL JOB: MC163-READY-PALLET-B
CLEAR STACK
JUMP *LABEL6
*LABEL-2C
CALL JOB: MC164-READY
CLEAR STACK
JUMP *LABEL1
*LABEL
END
```

โปรแกรมย่อยเลือกการผลิตตามไลน์

(Sub Program)

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-1)

MC161-READY-PALLET-A

```
NOP
TIMER T = 1.00
SET B040 0
*LABEL1
JUMP *LABEL IF B040 = 5
JUMP *LABEL IF IN# (65) = OFF
JUMP *LABEL IF IN# (1) = ON
JUMP *LABEL2 IF B012 = 0
TIMER T = 1.00
INC B040
JUMP *LABEL1
*LABEL2
WAIT B012 = 0
TIMER T = 2.00
JUMP *LABEL IF IN# (69) = ON
WAIT IN# (69) = OFF
CALL JOB: L1-LOAD-OUT-
PALLET(A)-OP1
CALL JOB: L1_LOAD-IN-
PALLET(A)_OP1
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC1
TIMER T = 1.00
CALL JOB: START-MC1
SET B012 1
*LABEL
END
```

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-1)

MC161-READY-PALLET-B

```
NOP
TIMER T = 1.00
SET B040 0
*LABEL3
JUMP *LABEL IF B040 = 5
JUMP *LABEL IF IN# (65) = OFF
JUMP *LABEL IF IN# (1) = ON
JUMP *LABEL4 IF B012 = 1
TIMER T = 1.00
INC B040
JUMP *LABEL3
*LABEL4
WAIT B012 = 1
TIMER T = 2.00
JUMP *LABEL IF IN# (69) = ON
WAIT IN# (69) = OFF
CALL JOB: L1-LOAD-OUT-
PALLET(B)-OP1
CALL JOB: L1_LOAD-IN-
PALLET(B)_OP1
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC1
TIMER T = 1.00
CALL JOB: START-MC1
SET B012 0
*LABEL
END
```

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-3)

MC163-READY-PALLET-A

```
NOP
TIMER T = 1.00
SET B040 0
*LABEL1
JUMP *LABEL IF B040 = 5
JUMP *LABEL IF IN# (66) = OFF
JUMP *LABEL IF IN# (3) = ON
JUMP *LABEL2 IF B011 = 0
TIMER T = 1.00
INC B040
JUMP *LABEL1
*LABEL2
WAIT B011 = 0
TIMER T = 2.00
JUMP *LABEL IF IN# (70) = ON
WAIT IN# (70) = OFF
CALL JOB: L2-LOAD-OUT-
PALLET(A)-OP1
CALL JOB: L2_LOAD-IN-
PALLET(A)_OP1
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC1
TIMER T = 1.00
CALL JOB: START-MC3
SET B011 1
*LABEL
END
```

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-3)

NAME MC163-READY-PALLET-B

```
NOP
TIMER T = 1.00
SET B040 0
*LABEL3
JUMP *LABEL IF B040 = 5
JUMP *LABEL IF IN# (66) = OFF
JUMP *LABEL IF IN# (3) = ON
JUMP *LABEL4 IF B011 = 1
TIMER T = 1.00
INC B040
JUMP *LABEL3
*LABEL4
WAIT B011 = 1
TIMER T = 2.00
JUMP *LABEL IF IN# (70) = ON
WAIT IN# (70) = OFF
CALL JOB: L2-LOAD-OUT-
PALLET(B)-OP1
CALL JOB: L2_LOAD-IN-
PALLET(B)_OP1
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC1
TIMER T = 1.00
CALL JOB: START-MC3
SET B011 0
*LABEL
END
```

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-2)

MC162-READY

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP2
SET B040 0
*LABEL1
JUMP *LABEL IF B040 = 5
JUMP *LABEL IF IN# (2) = ON
JUMP *LABEL IF IN# (66) = OFF
JUMP *LABEL2 IF IN# (47) = ON
TIMER T = 1.00
INC B040
JUMP *LABEL1
*LABEL2
WAIT IN# (47) = ON
JUMP *LABEL IF IN# (34) = ON
WAIT IN# (34) = OFF
CALL JOB: L1-LOAD-OUT-OP2
CALL JOB: L1_LOAD-IN-OP2
WAIT IN# (46) = ON
CALL JOB: START-MC2
WAIT IN# (61) = ON
TIMER T = 2.00
CALL JOB: L1_LOAD-OUT-OP3
CALL JOB: L1_LOAD-IN-OP3
WAIT IN# (46) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB: START-MC2
*LABEL
END
```

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-4)

MC164-READY-N

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP4
SET B040 0
*LABEL1
JUMP *LABEL IF B040 = 5
JUMP *LABEL IF IN# (4) = ON
JUMP *LABEL IF IN# (68) = OFF
JUMP *LABEL2 IF IN# (55) = ON
TIMER T = 1.00
INC B040
JUMP *LABEL1
*LABEL2
WAIT IN# (55) = ON
JUMP *LABEL IF IN# (71) = ON
WAIT IN# (71) = OFF
CALL JOB: L2-LOAD-OUT-OP2
CALL JOB: L2_LOAD-IN-OP2
WAIT IN# (54) = ON
CALL JOB: START-MC4
WAIT IN# (62) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB: L2_LOAD-OUT-OP3
CALL JOB: L2_LOAD-IN-OP3
WAIT IN# (54) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB: START-MC4
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC1

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-1)

L1-LOAD-OUT-PALLET(A)-OP1

```
NOP
JUMP *LABEL IF IN# (1) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB: MC162-READY IF
IN# (69) = ON
WAIT IN# (40) = OFF
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC1
CALL JOB: AIR_BLOW_MC1_OP1
MOVJ C00000 VJ = 100.00
MOVL C00001 V = 800.0
MOVL C00002 V = 300.0
MOVL C00003 V = 100.0
CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP
MOVL C00004 V = 100.0
MOVL C00005 V = 1000.0
MOVJ C00006 VJ = 70.00
CALL JOB: HOME-OP1
MOVJ C00007 VJ = 100.00
MOVL C00008 V = 1600.0
MOVL C00009 V = 1600.0
MOVL C00010 V = 1600.0
MOVL C00011 V = 100.0
MOVL C00012 V = 20.0
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
MOVL C00013 V = 100.0
MOVL C00014 V = 1500.0
WAIT IN# (1) = ON
CALL JOB: HOME-OP1
*LABEL
END
```

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-1)

L1-LOAD-OUT-PALLET(B)-OP1

NOP

JUMP *LABEL IF IN# (1) = ON

TIMER T = 1.00

CALL JOB: MC162-READY IF

IN# (69) = ON

WAIT IN# (41) = OFF

CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP

CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC1

CALL JOB: AIR_BLOW_MC1_OP1

MOVL C00000 VJ = 100.0

MOVL C00001 V = 800.0

MOVL C00002 V = 300.0

MOVL C00003 V = 100.0

CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP

MOVL C00004 V = 100.0

MOVL C00005 V = 1000.0

MOVJ C00006 VJ = 70.00

CALL JOB: HOME-OP1

MOVJ C00007 VJ = 100.00

MOVL C00008 V = 1600.0

MOVL C00009 V = 1600.0

MOVL C00010 V = 1600.0

MOVL C00011 V = 100.0

MOVL C00012 V = 20.0

CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP

MOVL C00013 V = 80.0

MOVL C00014 V = 1600.0

WAIT IN# (1) = ON

CALL JOB: HOME-OP1

*LABEL

END

โปรแกรมหยิบงานเข้าเครื่องจักร MC1

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-1)

L1_LOAD-IN-PALLET(A)_OP1

NOP

CALL JOB: AIR_BLOW_MC1_OP1

CALL JOB: LOAD_MATERIAL

WAIT IN# (40) = ON

MOVJ C00000 VJ = 100.00

MOVL C00001 V = 1600.0

MOVL C00002 V = 800.0

MOVL C00003 V = 50.0

CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP

CALL JOB: JIG_CLAMP-MC1

WAIT IN# (42) = ON

TIMER T = 2.00

MOVL C00004 V = 80.0

MOVL C00005 V = 800.0

MOVL C00006 V = 1600.0

CALL JOB: HOME-OP1

END

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-1)

L1_LOAD-IN-PALLET(B)_OP1

NOP

CALL JOB: AIR_BLOW_MC1_OP1

CALL JOB: LOAD_MATERIAL

WAIT IN# (41) = ON

MOVJ C00000 VJ = 100.00

MOVL C00001 V = 1600.0

MOVL C00002 V = 800.0

MOVL C00003 V = 50.0

CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP

CALL JOB: JIG_CLAMP-MC1

WAIT IN# (42) = ON

TIMER T = 2.00

MOVL C00004 V = 80.0

MOVL C00005 V = 800.0

MOVL C00006 V = 1600.0

CALL JOB: HOME-OP1

END

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC2

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-2: OP-2)

L1-LOAD-OUT-OP2

```
NOP
TIMER T = 1.00
JUMP *LABEL IF IN# (2) = ON
WAIT IN# (44) = OFF
CALL JOB: HOME-OP2
CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC2
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
MOVL C00000 V = 1000.0
MOVL C00001 V = 400.0
MOVL C00002 V = 100.0
WAIT IN# (58) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB: GRIPPER-B-CLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00003 V = 10.0 PL = 1
MOVL C00004 V = 200.0 PL = 0
MOVL C00005 V = 200.0
CALL JOB: HOME-OP2
WAIT IN# (2) = OFF
MOVL C00006 V = 500.0
MOVL C00007 V = 500.0
MOVL C00008 V = 500.0
MOVL C00009 V = 50.0
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
TIMER T = 1.00
WAIT IN# (2) = ON
MOVL C00010 V = 100.0
MOVL C00011 V = 200.0
MOVL C00012 V = 1500.0
MOVL C00013 V = 1600.0
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานเข้าเครื่องจักร MC2

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-2: OP-2)

L1_LOAD-IN-OP2

```
NOP
WAIT IN# (44) = ON
CALL JOB: AIR_BLOW_MC2-OP2-
LOAD-IN
CALL JOB: HOME-OP1
JUMP *LABEL IF IN# (1) = OFF
MOVJ C00000 VJ = 100.00
MOVL C00001 V = 1500.0
MOVL C00002 V = 700.0
MOVL C00003 V = 50.0
CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP
TIMER T = 0.50
MOVL C00004 V = 50.0
WAIT IN# (1) = OFF
MOVL C00005 V = 500.0
MOVL C00006 V = 1600.0
MOVL C00007 V = 1600.0
MOVL C00008 V = 1600.0
MOVL C00009 V = 1300.0
MOVL C00010 V = 100.0
MOVL C00011 V = 100.0
MOVL C00012 V = 80.0
MOVL C00013V = 20.0 PL = 0
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
MOVL C00014 V = 100.0
MOVL C00015 V = 1600.0
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC2
CALL JOB: HOME-OP2
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC2

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-2: OP-3)

L1_LOAD-OUT-OP3

NOP

TIMER T=0.50

JUMP *LABEL IF IN# (56) = ON

WAIT IN# (45) = OFF

CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC2

CALL JOB: AIR_BLOW_MC2-OP3-LOAD_OUT

MOVJ C00000 VJ = 100.00

MOVL C00001 V = 1600.0

MOVL C00002 V = 300.0

MOVL C00003 V = 500.0

MOVL C00004 V = 300.0

MOVL C00005 V = 50.0 PL=0

WAIT IN# (58) = ON

CALL JOB: GRIPPER-B-CLAMP

TIMER T = 1.00

MOVL C00006 V = 20.0 PL=0

MOVL C00007 V = 20.0

MOVL C00008 V = 20.0

MOVL C00009 V = 100.0

MOVL C00010 V = 300.0

MOVJ C00011 VJ = 100.00

MOVJ C00012 VJ = 70.00

CALL JOB: HOME-OP2

CALL JOB: L1_SEND_CV_FG

CALL JOB: HOME-OP2

*LABEL

END

โปรแกรมหยิบงานเข้าเครื่องจักร MC2

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 1 MC-2: OP-3)

L1_LOAD-IN-OP3

```
NOP
JUMP *LABEL IF IN# (2) = OFF
CALL JOB: AIR_BLOW_MC2-OP3-
LOAD-IN
MOVL C00000 V = 1500.0
MOVL C00001 V = 1200.0
MOVL C00002 V = 600.0
MOVL C00003 V = 600.0
MOVL C00004 V = 80.0
MOVL C00005 V = 80.0
CALL JOB: GRIPPER-B-CLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00006 V = 30.0
MOVL C00007 V = 80.0
MOVL C00008 V = 1000.0
MOVL C00009 V = 1200.0
CALL JOB: HOME-OP2
WAIT IN# (45) = ON
MOVL C00010 V = 1500.0
MOVL C00011 V = 1000.0
MOVL C00012 V = 200.0
MOVL C00013 V = 60.0
MOVL C00014 V = 60.0
MOVL C00015 V = 30.0
MOVL C00016 V = 20.0 PL = 0
MOVL C00017 V = 10.0
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
TIMER T = 0.50
MOVL C00018 V = 100.0
MOVL C00019 V = 1500.0
MOVL C00020 V = 1500.0
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC2
CALL JOB: HOME-OP2
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC3

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-3)

L2-LOAD-OUT-PALLET(A)-OP1

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP3
JUMP *LABEL IF IN# (3) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB:MC164-READY IF
IN# (70) = ON
WAIT IN# (48) = OFF
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC3
CALL JOB: AIR_BLOW_MC3_OP1
MOVL C00000 V = 1000.0
MOVL C00001 V = 700.0
MOVL C00002 V = 300.0
MOVL C00003 V = 300.0
MOVL C00004 V = 50.0
CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP
TIMER T = 0.30
MOVL C00005 V = 80.0
MOVL C00006 V = 500.0
MOVL C00007 V = 1000.0
MOVJ C00008 VJ = 70.00
CALL JOB: HOME-OP3
WAIT IN# (3) = OFF
MOVJ C00009 VJ = 50.00
MOVL C00010 V = 900.0
MOVL C00011 V = 300.0
MOVL C00012 V = 300.0
MOVL C00013 V = 50.0
MOVL C00014 V = 10.0 PL = 1
TIMER T = 1.00
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
MOVL C00015 V = 50.0
MOVL C00016 V = 500.0
MOVL C00017 V = 800.0
WAIT IN# (3) = ON
CALL JOB: HOME-OP3
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC3

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-3)

L2-LOAD-OUT-PALLET(B)-OP1

NOP
CALL JOB: HOME-OP3
JUMP *LABEL IF IN # (3) = ON
TIMER T = 1.00
CALL JOB:MC164-READY IF
IN# (70) = ON
WAIT IN# (49) = OFF
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC3
CALL JOB: AIR_BLOW_MC3_OP1
MOVL C00000 V = 1000.0
MOVL C00001 V = 700.0
MOVL C00002 V = 300.0
MOVL C00003 V = 300.0
MOVL C00004 V = 50.0
CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP
TIMER T = 0.30
MOVL C00005 V = 80.0
MOVL C00006 V = 500.0
MOVL C00007 V = 1000.0
MOVJ C00008 VJ = 70.00
WAIT IN# (3) = OFF
CALL JOB: HOME-OP3
MOVJ C00009 VJ = 50.00
MOVL C00010 V = 700.0
MOVL C00011 V = 300.0
MOVL C00012 V = 300.0
MOVL C00013 V=50.0
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00014 V = 50.0
MOVL C00015 V = 1500.0
MOVL C00016 V = 1500.0
WAIT IN# (3) = ON
CALL JOB: HOME-OP3
*LABEL
END

โปรแกรมหยิบงานเข้าเครื่องจักร MC3

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-3)

L2_LOAD-IN-PALLET(A)_OP1

NOP

CALL JOB: HOME-OP3

CALL JOB: AIR_BLOW_MC3_OP1

CALL JOB: HOME-OP3

CALL JOB: LOAD_MATERIAL

CALL JOB: HOME-OP3

WAIT IN# (48) = ON

MOVL C00000 V = 1000.0

MOVL C00001 V = 500.0

MOVL C00002 V = 300.0

MOVL C00002 V = 30.0

CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP

CALL JOB: JIG_CLAMP-MC3

WAIT IN# (50) = ON

MOVL C00003 V = 50.0

MOVL C00004 V = 200.0

MOVL C00005 V = 1000.0

CALL JOB: HOME-OP3

WAIT IN# (50) = ON

END

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-3)

L2_LOAD-IN-PALLET(B)_OP1

NOP

CALL JOB: HOME-OP3

CALL JOB: AIR_BLOW_MC3_OP1

CALL JOB: HOME-OP3

CALL JOB: LOAD_MATERIAL

CALL JOB: HOME-OP3

WAIT IN# (49) = ON

MOVL C00000 V = 1000.0

MOVL C00001 V = 500.0

MOVL C00002 V = 300.0

MOVL C00003 V = 50.0

CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP

CALL JOB: JIG_CLAMP-MC3

WAIT IN# (50) = ON

MOVL C00004 V = 50.0

MOVL C00005 V = 200.0

MOVL C00006 V = 1000.0

CALL JOB: HOME-OP3

WAIT IN# (50) = ON

END

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC4

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-4: OP-2)

L2-LOAD-OUT-OP2

```
NOP
CALL JOB:
MASTER_SPIDER_BW650_22302
IF IN# (71) = ON
JUMP *LABEL IF IN# (4) = ON
WAIT IN# (52) = OFF
CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC4
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
MOVJ C00000 VJ = 100.00
MOVL C00001 V = 1500.0
MOVL C00002 V = 1000.0
MOVL C00003 V = 300.0
TIMER T=1.00
MOVL C00004 V = 100.0
WAIT IN# (60) = ON
CALL JOB: GRIPPER-B-CLAMP
TIMER T = 1.00
*LABEL10
MOVL C00005 V = 10.0
MOVL C00006 V = 500.0
MOVL C00007 V = 1000.0
CALL JOB: HOME-OP4
MOVL C00008 V = 1500.0
MOVL C00009 V = 1000.0
MOVL C00010 V = 1000.0
MOVL C00011 V = 300.0
MOVL C00012 V = 50.0
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00013 V = 100.0
MOVL C00014 V = 50.0
MOVL C00015 V = 200.0
WAIT IN# (4) = ON
MOVL C00016 V = 500.0
MOVL C00017 V = 1500.0
MOVL C00018 V = 1500.0
WAIT IN# (4) = ON
CALL JOB: HOME-OP4
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานเข้าเครื่องจักร MC4

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-4: OP-2)

L2_LOAD-IN-OP2

```
NOP
WAIT IN# (52) = ON
CALL JOB: AIR_BLOW_MC4-OP2-
LOAD-IN
CALL JOB: HOME-OP3
JUMP *LABEL IF IN# (3) = OFF
MOVJ C00000 VJ = 100.00
MOVL C00001 V = 1000.0
MOVL C00002 V = 1000.0
MOVL C00003 V = 1000.0
MOVL C00004 V = 50.0
CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP
MOVL C00005 V=50.0
MOVL C00006 V = 500.0
MOVL C00007 V = 1000.0
MOVL C00008 V = 1500.0
MOVL C00009 V = 800.0
MOVL C00010 V = 500.0
MOVL C00011 V = 200.0
MOVL C00012 V = 20.0 PL = 0
CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP
MOVL C00013 V = 50.0
MOVL C00014 V = 1000.0
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC4
CALL JOB: HOME-OP4
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานออกเครื่องจักร MC4

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-4: OP-3)

L2_LOAD-OUT-OP3

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP4
TIMER T = 0.20
WAIT IN# (53) = OFF
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
CALL JOB: JIG_UN_CLAMP-MC4
CALL JOB: AIR_BLOW_MC4-OP3-
LOAD_OUT
TIMER T = 0.20
MOVJ C00000 VJ = 100.00
MOVL C00001 V = 500.0
MOVL C00002 V = 50.0
WAIT IN# (60) = ON
CALL JOB: GRIPPER-B-CLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00003 V = 30.0
MOVL C00004 V = 40.0
MOVL C00005 V = 40.0
MOVL C00006 V = 700.0
MOVL C00007 V = 1000.0
CALL JOB: HOME-OP4
CALL JOB: L2_SEND_CV_FG
CALL JOB: HOME-OP4
*LABEL
END
```

โปรแกรมหยิบงานเข้าเครื่องจักร MC4

JOB NAME (ไลน์ผลิตที่ 2 MC-4: OP-3)

L2_LOAD-IN-OP3

```
NOP
JUMP *LABEL IF IN# (4) = OFF
CALL JOB: AIR_BLOW_MC4-OP3-
LOAD-IN
MOVL C00000 V = 1600.0
MOVL C00001 V = 1300.0
MOVL C00002 V = 80.0
MOVL C00003 V = 80.0
CALL JOB: GRIPPER-B-CLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00004 V = 80.0
MOVL C00005 V = 300.0
MOVL C00006 V = 1500.0
MOVL C00007 V = 1500.0
MOVJ C00008 VJ = 70.00
MOVL C00009 V = 500.0
MOVL C00010 V = 50.0
MOVL C00011 V = 50.0
MOVL C00012 V = 30.0
MOVL C00013 V = 30.0
MOVL C00014 V = 30.0
MOVL C00015 V = 20.0 PL = 0
CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP
TIMER T = 1.00
MOVL C00016 V = 30.0
MOVL C00017 V = 50.0
MOVL C00018 V = 1000.0
CALL JOB: JIG_CLAMP-MC4
CALL JOB: HOME-OP4
*LABEL
END
```

โปรแกรมโหลดชิ้นงานวัตถุดิบ

JOB NAME

L2_LOAD-OUT-OP3

NOP

CALL JOB: HOME-OP1

WAIT IN# (39) = ON

CALL JOB: GRIPPER-A-UNCLAMP

MOVJ C00000 VJ = 100.00

MOVL C00001 V = 1600.0

MOVL C00002 V = 1000.0

MOVL C00003 V = 200.0

CALL JOB: GRIPPER-A-CLAMP

MOVL C00004 V = 50.0

MOVL C00005 V = 300.0

MOVJ C00006 VJ = 90.00

CALL JOB: HOME-OP1

END

โปรแกรมส่งชิ้นงานสำเร็จรูป

JOB NAME

L1_SEND_CV-FG15I5

NOP

CALL JOB: HOME-OP4

WAIT IN# (56) = OFF

MOVJ C00000 VJ = 70.00

MOVJ C00001 VJ = 100.00

MOVL C00002 V = 300.0

CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP

TIMER T=1.00

MOVL C00003 V = 400.0

MOVL C00004 V = 1000.0

CALL JOB: HOME-OP4

END

JOB NAME

L2_SEND_CV-FG15I6

NOP

WAIT IN# (5) = OFF

MOVJ C00000 VJ = 70.00

MOVJ C00001 VJ = 100.00

MOVL C00002 V = 400.0

CALL JOB: GRIPPER-B-UNCLAMP

TIMER T = 1.00

MOVL C00003 V = 100.0

MOVL C00004 V=300.0

MOVL C00005 V=1000.0

CALL JOB: HOME-OP4

END

โปรแกรมตำแหน่ง Home ของหุ่นยนต์

* ใช้สำหรับเคลื่อนตำแหน่งของหุ่นยนต์ เพื่อเตรียมพร้อมก่อนเริ่มต้นทำงานในแต่ละเครื่องจักร

JOB NAME: HOME-OP1

NOP

MOVJ C00000 VJ = 80.00

TIMER T = 0.50

END

JOB NAME: HOME-OP2

NOP

MOVJ C00000 VJ = 80.00

TIMER T = 0.50

END

JOB NAME: HOME-OP3

NOP

MOVJ C00000 VJ = 70.00

TIMER T = 0.50

END

JOB NAME: HOME-OP4

NOP

MOVJ C00000 VJ=80.00

TIMER T=0.50

END

โปรแกรมคำสั่งการทำงานของกริปเปอร์

JOB NAME: GRIPPER-A-CLAMP

NOP

DOUT OT# (33) ON

WAIT IN# (35) = ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (33) OFF

END

JOB NAME: GRIPPER-A-UNCLAMP

NOP

DOUT OT# (34) ON

WAIT IN# (36) = ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (34) OFF

END

JOB NAME: GRIPPER-B-CLAMP

NOP

DOUT OT# (35) ON

WAIT IN# (37) = ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (35) OFF

END

JOB NAME: GRIPPER-B-UNCLAMP

NOP

DOUT OT# (36) ON

WAIT IN# (38) = ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (36) OFF

END

โปรแกรมคำสั่งการทำงาน Jig Machine

(Clamp)

JOB NAME: JIG_CLAMP-MC1

NOP

DOUT OT# (39) OFF

DOUT OT# (37) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (37) OFF

END

JOB NAME: JIG_CLAMP-MC2

NOP

DOUT OT# (42) OFF

DOUT OT# (40) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (40) OFF

END

JOB NAME: JIG_CLAMP-MC3

NOP

DOUT OT# (45) OFF

DOUT OT# (43) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (43) OFF

END

JOB NAME: JIG_CLAMP-MC4

NOP

DOUT OT# (48) OFF

DOUT OT# (46) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (46) OFF

END

โปรแกรมคำสั่งการทำงาน Jig Machine

(Unclamp)

JOB NAME: JIG_UN_CLAMP-MC1

NOP

DOUT OT# (37) OFF

DOUT OT# (39) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (39) OFF

WAIT IN# (57) = ON

END

JOB NAME: JIG_UN_CLAMP-MC2

NOP

DOUT OT# (40) OFF

DOUT OT# (42) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (42) OFF

WAIT IN# (58) = ON

END

JOB NAME: JIG_UN_CLAMP-MC3

NOP

DOUT OT# (43) OFF

DOUT OT# (45) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (45) OFF

WAIT IN# (59) = ON

END

JOB NAME: JIG_UN_CLAMP-MC4

NOP

DOUT OT# (46) OFF

DOUT OT# (48) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (48) OFF

WAIT IN# (60) = ON

END

โปรแกรมคำสั่งการทำงาน Start Machine

JOB NAME: START-MC1

NOP

DOUT OT# (38) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (38) OFF

END

JOB NAME: START-MC2

NOP

DOUT OT# (41) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (41) OFF

END

JOB NAME: START-MC3

NOP

DOUT OT# (44) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (44) OFF

END

JOB NAME: START-MC4

NOP

DOUT OT# (47) ON

TIMER T = 0.50

DOUT OT# (47) OFF

END

โปรแกรมคำสั่งเป่า Jig Machine และชิ้นงาน

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC1_OP1

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP1
MOVJ C00000 VJ=100.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 800.0
MOVL C00002 V = 800.0
MOVL C00003 V = 800.0
MOVL C00004 V = 800.0
MOVL C00005 V = 800.0
MOVL C00006 V = 800.0
MOVL C00007 V = 800.0
MOVL C00008 V = 800.0
MOVL C00009 V = 800.0
TIMER T = 0.50
INC B010
JUMP *LABEL IF B010 < 2
*STOP
DOUT OT# (49) OFF
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC3_OP1

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP3
MOVJ C00000 VJ=100.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 1500.0
MOVL C00002 V = 1000.0
MOVL C00003 V = 500.0
MOVL C00004 V = 500.0
MOVL C00005 V = 500.0
MOVL C00006 V = 500.0
MOVL C00007 V = 500.0
MOVL C00008 V = 500.0
MOVL C00009 V = 500.0
MOVL C00010 V = 500.0
MOVL C00011 V = 500.0
TIMER T = 0.50
INC B010
JUMP *LABEL IF B010 < 2
*STOP
DOUT OT# (49) OFF
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC2-OP2-LOAD-OUT

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP2
MOVJ C00000 VJ = 100.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
INC B010
MOVL C00001 V = 400.0
MOVL C00002 V = 400.0
MOVL C00003 V = 400.0 PL=1
MOVL C00004 V = 400.0 PL=1
MOVL C00005 V = 400.0 PL=1
MOVL C00006 V = 400.0 PL=1
MOVL C00007 V = 400.0
MOVL C00008 V = 400.0
MOVL C00009 V = 400.0
TIMER T = 1.00
MOVL C00010 V = 400.0
MOVL C00011 V = 400.0
MOVL C00012 V = 400.0
MOVL C00013 V = 400.0 PL = 1
TIMER T = 0.50
MOVL C00014 V = 400.0 PL = 1
MOVL C00015 V = 400.0 PL = 1
TIMER T = 0.50
MOVL C00016 V = 400.0
TIMER T = 1.00
MOVL C00017 V = 400.0
MOVL C00018 V = 400.0
MOVL C00019 V = 400.0
TIMER T = 1.00
MOVL C00020 V = 400.0
MOVL C00021 V = 400.0
JUMP *LABEL IF B010 < 1
*STOP
DOUT OT# (49) OFF
MOVL C00022 V = 1000.0
MOVL C00023 V = 1000.0
CALL JOB: HOME-OP2
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC2-OP2-LOAD-IN

```
NOP
MOVJ C00000 VJ = 50.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00002 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00003 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00004 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00005 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00006 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00007 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00008 V = 500.0
MOVL C00009 V = 500.0
MOVL C00010 V = 500.0
TIMER T = 0.10
MOVL C00011 V = 500.0
MOVL C00012 V = 500.0
MOVL C00013 V = 500.0
MOVL C00014 V = 500.0
MOVL C00015 V = 500.0
MOVL C00016 V = 500.0
MOVL C00017 V = 500.0
MOVL C00018 V = 500.0
MOVL C00019 V = 500.0
MOVL C00020 V = 500.0
MOVL C00021 V = 500.0
MOVL C00022 V = 500.0
INC B010
JUMP *LABEL IF B010 < 2
*STOP
DOUT OT# (49) OFF
MOVL C00023 V = 800.0
CALL JOB: HOME-OP2
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC2-OP3-LOAD_OUT

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP2
MOVJ C00000 VJ = 100.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 800.0
MOVL C00002 V = 800.0
MOVL C00003 V = 800.0
MOVL C00004 V = 800.0
MOVL C00005 V = 800.0
MOVL C00006 V = 800.0
MOVL C00007 V = 800.0
MOVL C00008 V = 800.0
MOVL C00009 V = 800.0
MOVL C00010 V = 800.0
INC B010
JUMP *LABEL IF B010 < 1
TIMER T = 0.20
*STOP
DOUT OT# (49) OFF
CALL JOB: HOME-OP2
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC2-OP3-LOAD_IN

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP2
MOVJ C00000 VJ = 100.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 800.0
MOVL C00002 V = 800.0
MOVL C00003 V = 800.0
MOVL C00004 V = 800.0
MOVL C00005 V = 800.0
MOVL C00006 V = 800.0
MOVL C00007 V = 800.0
MOVL C00008 V = 800.0
MOVL C00009 V = 800.0
MOVL C00010 V = 800.0
MOVL C00011 V = 800.0
MOVL C00012 V = 800.0
INC B010
JUMP *LABEL IF B010 < 2
*STOP
DOUT OT# (49) OFF
CALL JOB: HOME-OP2
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC4-OP2-LOAD-OUT

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP4
MOVJ C00000 VJ = 50.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 800.0
MOVL C00002 V = 800.0
MOVL C00003 V = 800.0
MOVL C00004 V = 800.0
MOVL C00005 V = 800.0
MOVL C00006 V = 800.0
MOVL C00007 V = 800.0
MOVL C00008 V = 800.0
MOVL C00009 V = 800.0
INC B010
JUMP *LABEL IF B010<2
*STOP
MOVL C00010 V = 800.0
DOUT OT# (49) OFF
CALL JOB: HOME-OP4
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC4-OP2-LOAD-IN

```
NOP
MOVJ C00000 VJ = 100.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V = 1500.0
MOVL C00002 V = 600.0
MOVL C00003 V = 600.0
MOVL C00004 V = 500.0
MOVL C00005 V = 500.0
MOVL C00006 V = 600.0
MOVL C00007 V = 600.0
MOVL C00008 V = 600.0
MOVL C00009 V = 600.0
MOVL C00010 V = 600.0
MOVL C00011 V = 600.0
TIMER T = 1.00
MOVL C00012 V = 600.0
INC B010
JUMP *LABEL IF B010 < 2
*STOP
MOVL C00013 V = 1000.0
DOUT OT# (49) OFF
CALL JOB: HOME-OP4
END
```

JOB NAME:

AIR_BLOW_MC4-OP3-LOAD-OUT

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP4
MOVJ C00000 VJ = 50.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V=500.0
MOVL C00002 V=800.0
MOVL C00003 V=800.0
MOVL C00004 V=800.0
MOVL C00005 V=800.0
MOVL C00006 V=800.0
MOVL C00007 V=800.0
MOVL C00008 V=800.0
MOVL C00009 V=800.0
MOVL C00010 V=800.0
MOVL C00011 V=800.0
MOVL C00012 V=800.0
MOVL C00013 V=800.0
MOVL C00014 V=800.0
MOVL C00015 V=800.0
MOVL C00016 V=800.0
JUMP *LABEL IF B010 < 1
*STOP
MOVL C00018 V = 800.0
DOUT OT# (49) OFF
CALL JOB: HOME-OP4
END
```

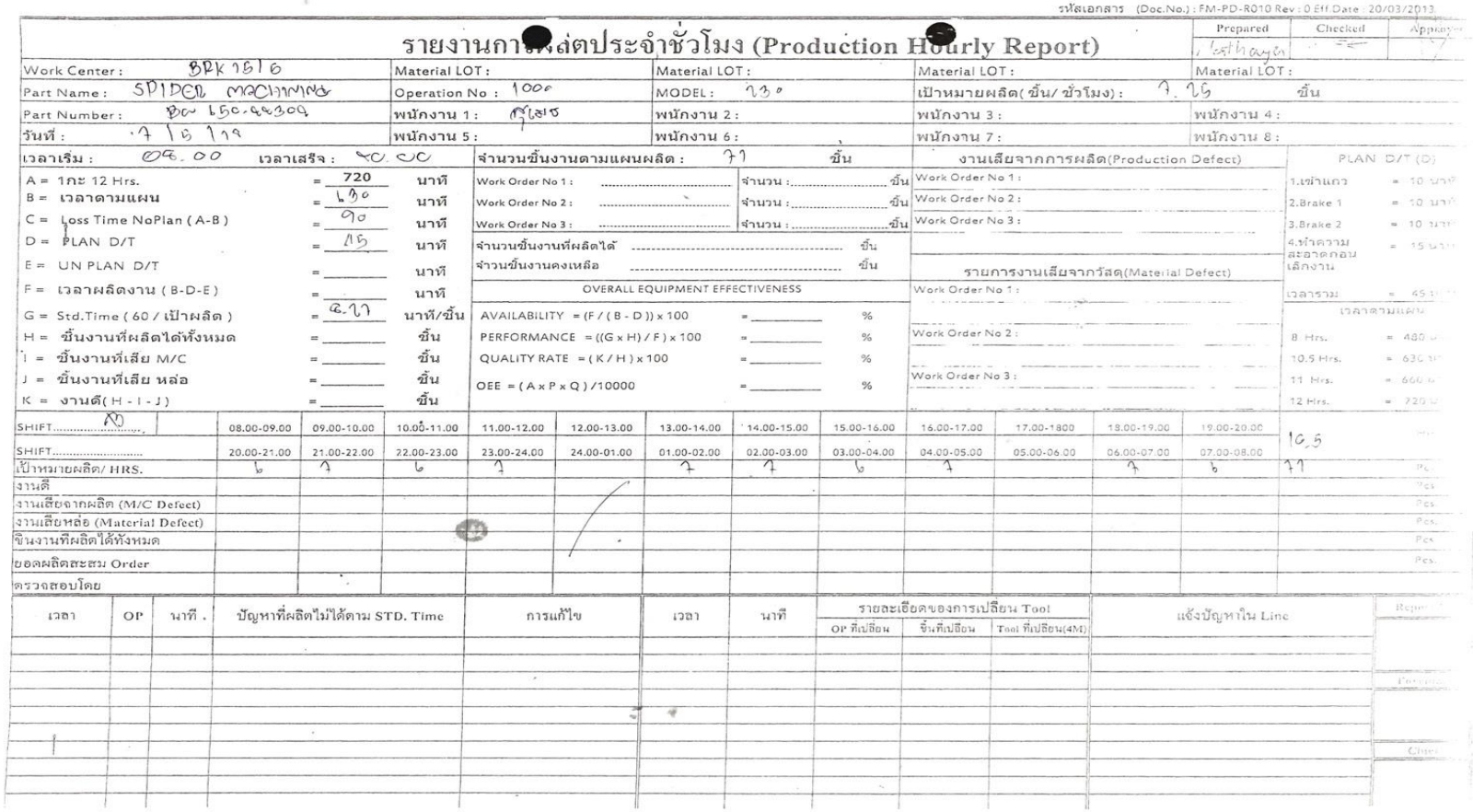
JOB NAME:

AIR_BLOW_MC4-OP3-LOAD-IN

```
NOP
CALL JOB: HOME-OP4
MOVJ C00000 VJ = 50.00
SET B010 0
*LABEL
DOUT OT# (49) ON
MOVL C00001 V=700.0
MOVL C00002 V=800.0
MOVL C00003 V=800.0
MOVL C00004 V=800.0
MOVL C00005 V=800.0
MOVL C00006 V=800.0
MOVL C00007 V=800.0
MOVL C00008 V=800.0
MOVL C00009 V=800.0
MOVL C00010 V=800.0
MOVL C00011 V=800.0
MOVL C00012 V=800.0
MOVL C00013 V=800.0
MOVL C00014 V=800.0
MOVL C00015 V=800.0
MOVL C00016 V=1000.0
JUMP *LABEL IF B010 < 2
*STOP
MOVL C00018 V = 1000.0
DOUT OT# (49) OFF
CALL JOB: HOME-OP4
END
```

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการผลิต



รหัสเอกสาร (Doc.No.) : FM-PD-R010 Rev : 0 Eff.Date : 20/03/2013

รายงานการผลิตประจำชั่วโมง (Production Hourly Report)

Prepared	Checked	Approved
Sathaporn		

Work Center : BRK 1516	Material LOT :	Material LOT :	Material LOT :
Part Name : SPIDER MACHINING	Operation No : 1000	MODEL : 230	เป้าหมายผลิต(ชิ้น/ ชั่วโมง) : 7.26 ชิ้น
Part Number : BW 150-22309	พนักงาน 1 : [redacted]	พนักงาน 2 :	พนักงาน 3 :
วันที่ : 7 ธ.ค. 19	พนักงาน 5 :	พนักงาน 6 :	พนักงาน 7 :
			พนักงาน 4 :
			พนักงาน 8 :

เวลาเริ่ม : 08.00 เวลาเสร็จ : 20.00

จำนวนชิ้นงานตามแผนผลิต : 77 ชิ้น

A = 1กะ 12 Hrs.	= 720	นาที
B = เวลาตามแผน	= 630	นาที
C = Loss Time NoPlan (A-B)	= 90	นาที
D = PLAN D/T	= 15	นาที
E = UN PLAN D/T	=	นาที
F = เวลาผลิตงาน (B-D-E)	=	นาที
G = Std.Time (60 / เป้าผลิต)	= 8.27	นาที/ชิ้น
H = ชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด	=	ชิ้น
I = ชิ้นงานที่เสีย M/C	=	ชิ้น
J = ชิ้นงานที่เสีย หล่อ	=	ชิ้น
K = งานดี(H - I - J)	=	ชิ้น

Work Order No 1 :	จำนวน :	ชิ้น
Work Order No 2 :	จำนวน :	ชิ้น
Work Order No 3 :	จำนวน :	ชิ้น
จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้		ชิ้น
จำนวนชิ้นงานคงเหลือ		ชิ้น

OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS

AVAILABILITY = (F / (B - D)) x 100	=	%
PERFORMANCE = ((G x H) / F) x 100	=	%
QUALITY RATE = (K / H) x 100	=	%
OEE = (A x P x Q) /10000	=	%

งานเสียจากการผลิต(Production Defect)

Work Order No 1 :
Work Order No 2 :
Work Order No 3 :

รายการงานเสียจากวัสดุ(Material Defect)

Work Order No 1 :
Work Order No 2 :
Work Order No 3 :

PLAN D/T (D)

1.เข้าแถว	= 10 นาที
2.Brake 1	= 10 นาที
3.Brake 2	= 10 นาที
4.ทำความสะอาดก่อนเลิกงาน	= 15 นาที
เวลารวม	= 45 นาที

เวลาตามแผน

8 Hrs.	= 480 นาที
10.5 Hrs.	= 630 นาที
11 Hrs.	= 660 นาที
12 Hrs.	= 720 นาที

SHIFT.....	08.00-09.00	09.00-10.00	10.00-11.00	11.00-12.00	12.00-13.00	13.00-14.00	14.00-15.00	15.00-16.00	16.00-17.00	17.00-1800	18.00-19.00	19.00-20.00	10.5
SHIFT.....	20.00-21.00	21.00-22.00	22.00-23.00	23.00-24.00	24.00-01.00	01.00-02.00	02.00-03.00	03.00-04.00	04.00-05.00	05.00-06.00	06.00-07.00	07.00-08.00	
เป้าหมายผลิต/ HRS.	6	7	6	7		7	7	6	7		7	6	77 Pc.
งานดี													Pcs.
งานเสียจากผลิต (M/C Defect)													Pcs.
งานเสียหล่อ (Material Defect)													Pcs.
ชิ้นงานที่ผลิตได้ทั้งหมด													Pcs.
ยอดผลิตสะสม Order													Pcs.
ตรวจสอบโดย													

เวลา	OP	นาที .	ปัญหาที่ผลิตไม่ได้ตาม STD. Time	การแก้ไข	เวลา	นาที	รายละเอียดของการเปลี่ยน Tool			แจ้งปัญหาใน Line
							OP ที่เปลี่ยน	ชิ้นที่เปลี่ยน	Tool ที่เปลี่ยน(4M)	

Reject

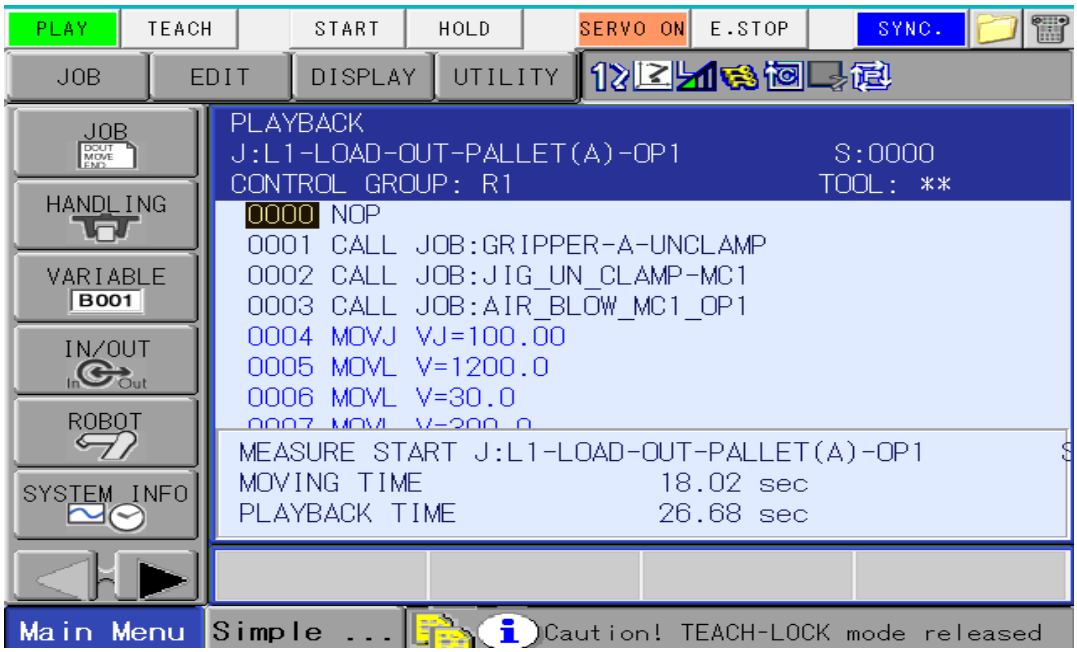
Repair

Close

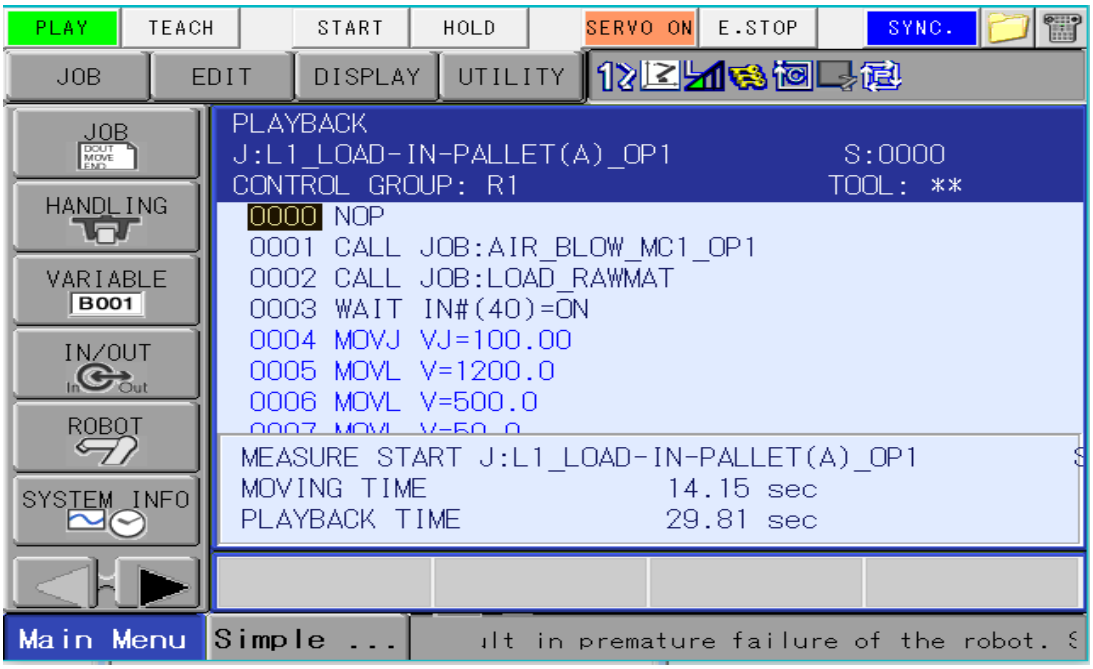
ภาพภาคผนวก ข-1

ภาคผนวก ค

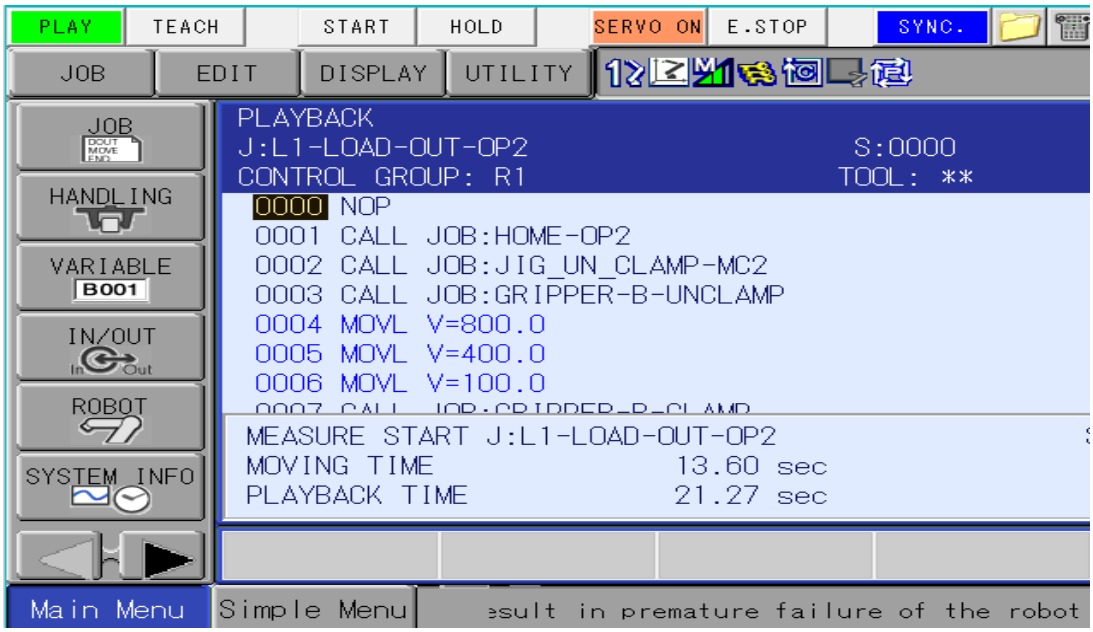
เวลาการทำงานของหุ่นยนต์และพนักงาน



ภาพภาคผนวก ค-1 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร MC-1 OP- 1



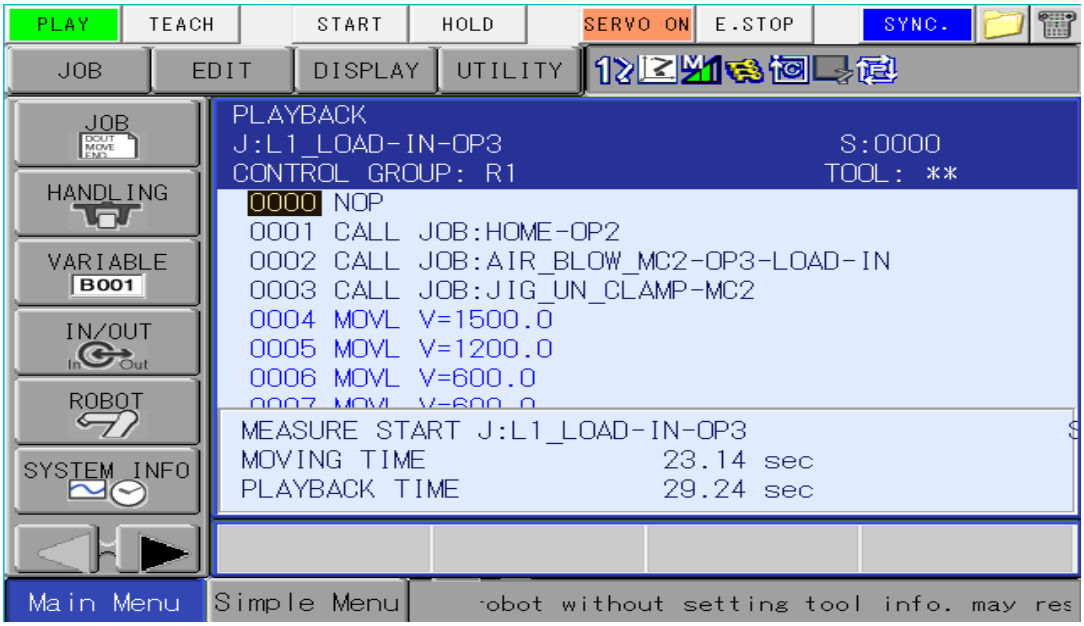
ภาพภาคผนวก ค-2 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานเข้าจากเครื่องจักร MC-1 OP- 1



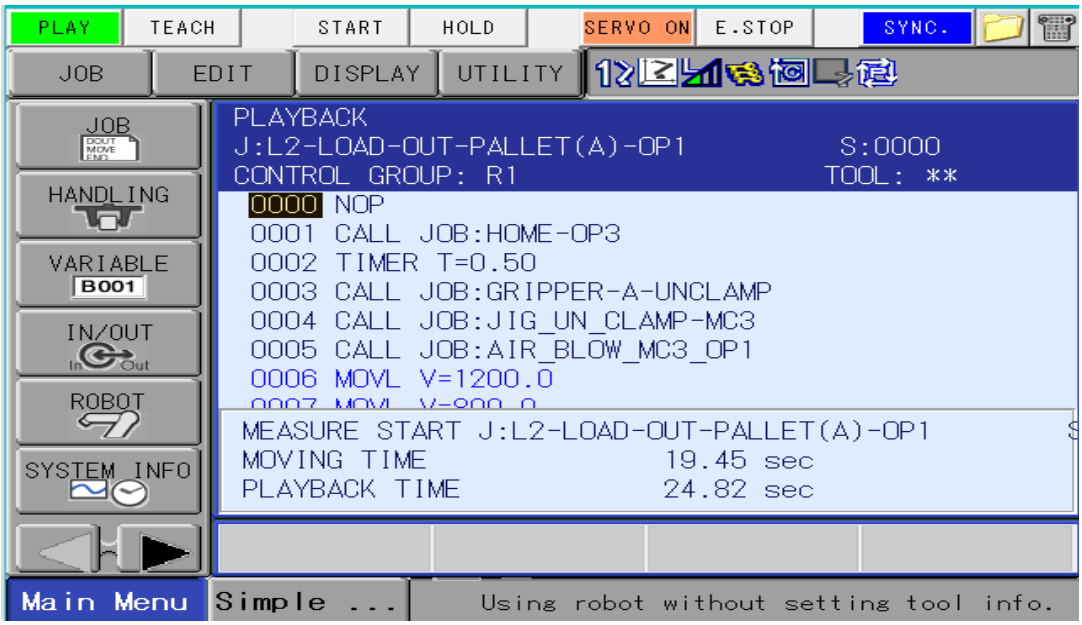
ภาพภาคผนวก ค-3 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร MC-2 OP- 2

ภาพภาคผนวก ค-4 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานเข้าจากเครื่องจักร MC-2 OP- 2

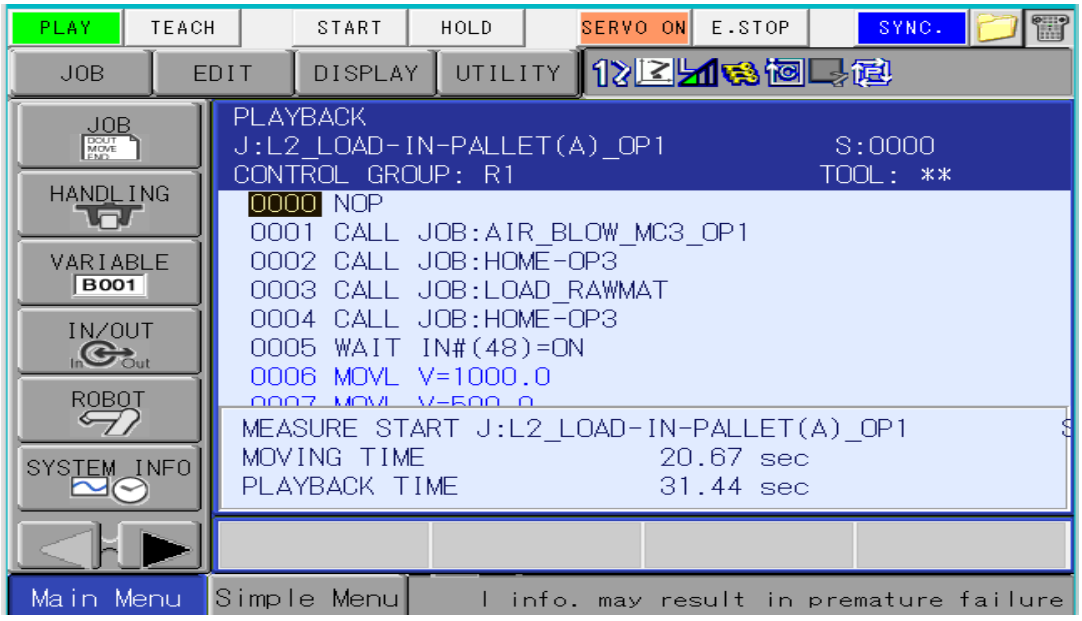
ภาพภาคผนวก ค-5 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร MC-2 OP- 3



ภาพภาคผนวก ค-6 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานเข้าจากเครื่องจักร MC-2 OP- 3



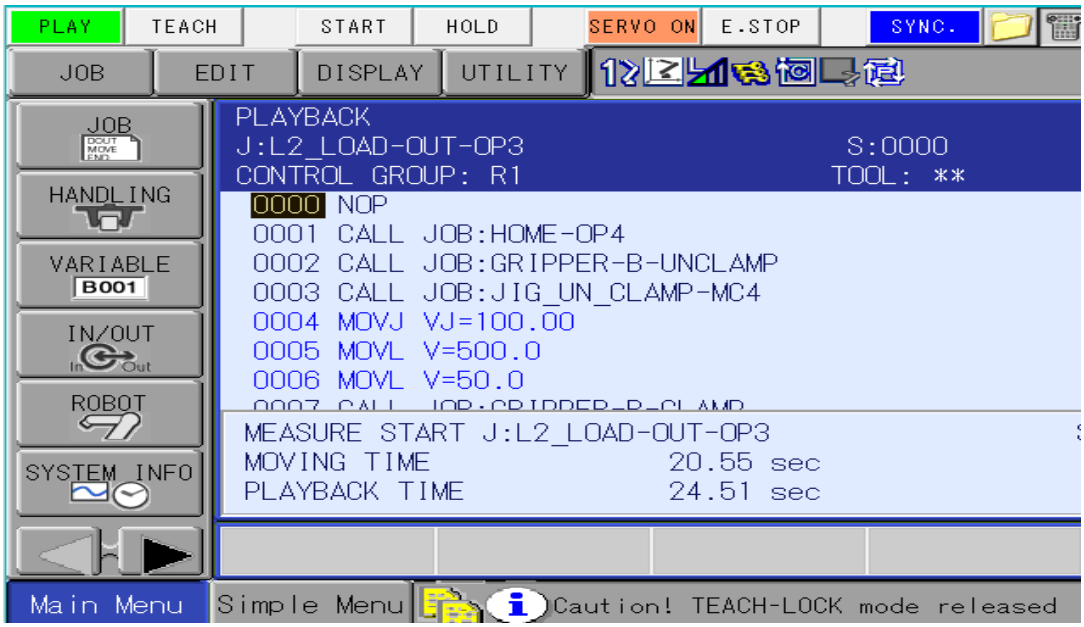
ภาพภาคผนวก ค-7 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร MC-3 OP- 1



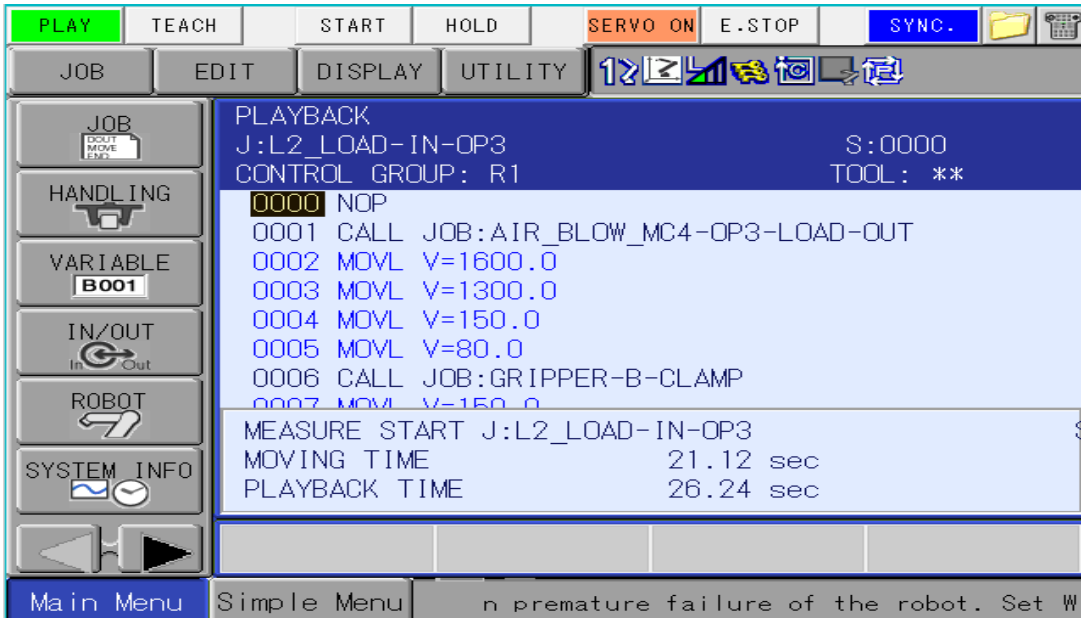
ภาพภาคผนวก ค-8 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานเข้าจากเครื่องจักร MC-3 OP- 1

ภาพภาคผนวก ค-9 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร MC-4 OP- 2

ภาพภาคผนวก ค-10 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานเข้าจากเครื่องจักร MC-4 OP- 2



ภาพภาคผนวก ค-11 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานออกจากเครื่องจักร MC-4 OP- 3



ภาพภาคผนวก ค-12 เวลาหุ่นยนต์ทำงาน นำชิ้นงานเข้าจากเครื่องจักร MC-4 OP- 3

ตารางภาคผนวก ค-1 เวลาการทำงานของพนักงานหลังการปรับปรุง

กิจกรรมการผลิต	เวลาทำงาน (วินาที)										เวลาการทำงานเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ขัดลบคริบคมชิ้นงาน	110	118	115	117	114	118	116	115	112	118	**115**
ตรวจสอบคุณภาพ	55	50	52	54	55	52	52	50	52	50	**52**
จุ่มน้ำยากันสนิม	8	6	6	6	7	8	6	7	6	6	**7**
เป่าทำความสะอาด	41	45	44	40	45	42	40	41	42	42	**42**
บรรจุชิ้นงาน (Packing)	6	7	7	8	6	6	8	6	6	7	**7**
โหลดงานเข้ารางส่งงานหล่อ	9	8	7	7	8	7	8	8	9	7	**8**
เวลาเป้าหมายการทำงาน (วินาที)											**230**