การกำหนดดัชนีเพื่อการปรับปรุงสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการผลิต ของสายการประกอบรถยนต์เชิงพาณิชย์

นายศิริพงษ์ โพธิลักษณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0572-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19 พ.ย. 2546

I19659933

INDEX DETERMINATION FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT AT THE PILOT STAGE IN A COMMERCIAL ASSEMBLY LINE

SIRIPONG POTHILUK

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0572-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกำหนดดัชนีเพื่อปรับปรุงสายการผลิต ในขั้นตอนการเตรียมการผลิตของสายการประกอบรถยนต์เชิงพาณิชย์
โดย	นายศิริพงษ์ โพธิลักษณ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

ศิริพงษ์ โพธิลักษณ์ : การกำหนดดัชนีเพื่อการปรับปรุงสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการผลิตของสายการประกอบรถยนต์เชิงพาณิชย์ (INDEX DETERMINATION FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT AT THE PILOT STAGE IN A COMMERCIAL ASSEMBLY LINE)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วันชัย ริจิรวนิช ; 280 หน้า. ISBN 974-13-0572-9

ดัชนีชี้ วัดประสิทธิ ภาพการผลิต มีความสำคัญต่อกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม วิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิจัยเพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต และกำหนดเป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ เมื่อผ่านการทดลองใช้แล้ว จึงนำดัชนีชี้วัดดังกล่าวมาปรับปรุงสายการผลิต ในขั้นตอนการเตรียมการ

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการผลิตมีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มปัจจัย 5 กลุ่ม คือ กลุ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน ชิ้นส่วน เครื่องจักร อุปกรณ์ และวัตถุดิบได้นำปัจจัยเหล่านี้มาวิเคราะห์โดยหาความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการผลิต พบว่าทุกปัจจัยมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต นอกจากนี้ยังได้กำหนดดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ 7 ดัชนี สำหรับสายการผลิตรถยนต์เชิงพาณิชย์ในขั้นตอนการเตรียมการ แล้วได้ทำการปรับปรุงดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพก่อน จากนั้นนำดัชนีเหล่านี้มาทำการใช้และติดตามผล

ผลการนำดัชนีไปประยุกต์ใช้สามารถช่วยในการปรับปรุงสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการได้ดังนี้ เพิ่มอัตราพนักงานที่ผ่านการฝึกประกอบระดับเป้าหมายเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 11.87 เป็นร้อยละ 95 ปรับปรุงงานลดเวลาการทำงานลงกว่า 61.5 นาทีจากเวลางานทั้งหมด อัตราการเกิดปัญหาชิ้นส่วนได้ลดลงร้อยละ 88 อัตราการเกิดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมได้ลดลงร้อยละ 93.2 อัตราความบกพร่องของเครื่องจักรได้ลดลงร้อยละ 87.2 และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ชั้นวางแบบไหลได้ร้อยละ 20.9 และชั้นวางแบบเบาว์ได้ร้อยละ 25.6 นอกจากนี้สามารถเพิ่มอัตราการใช้ได้จริงของอุปกรณ์ดังนี้ ชั้นวางแบบไหลเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.1 ชั้นวางแบบเบาว์ร้อยละ 26.6 ภาชนะขนชิ้นส่วนธรรมดาร้อยละ 10 และภาชนะขนชิ้นส่วนพิเศษร้อยละ 84.2 ตามลำดับ และในการติดตามผลในขั้นตอนการผลิตปริมาณมาก สามารถลดความสูญเสียต้นทุนโดยรวมลงร้อยละ 54

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543

4071483221 : MAJOR ENGINEERING

KEY WORD : INDEX DETERMINATION / PRODUCTIVITY IMPROVEMENT

SIRIPONG POTHILUK : INDEX DETERMINATION FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT AT THE PILOT STAGE IN A COMMERCIAL ASSEMBLY LINE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. DR. VANCHAI RIJIRAVANICH, Ph.D. 280 pp. ISBN 974-13-0572-9

Productivity indices are important for productivity in automobile industry. This thesis studied the factors having impact on productivity and determine indices for evaluating productivity. After the indices had been trailed, they were brought to improve the production line at the pilot stage.

The study revealed that the factors that effected the productivity related five groups of factors : man, part, machine, facility and material. These factors were analysed through the correlated productivity and it was found that all factors effected the productivity. In addition, seven indices were proposed for the pilot stage in a commercial car assembly line. Productivity indices were improved before being adopted , trialed and followed up.

The use of indices adoption improved productivity at pilot stage indicated by: The success rate of assembly training increased from 11.87% to 95%,the working time reduced by 61.5 min out of total time, the part defect rate decreased by 88%, the engineering change rate decreased by 93.2%. The machine deficient rate decreased by 87.2%, the area of facility occupation rate for flow rack and bulk rack increased by 20.9% and 25.6% respectively. Furthermore , the facility usableness rate for flow rack, bulk, normal dolly and special dolly increased by 13.1%, 26.6%, 10.00%, 84.2% respectively.Finally ,the production cost be reduced by 54 %.

Department of Industrail Engineering Student's signature.....

Field of study Industrail Engineering Advisor's signature.....

Academic Year 2000 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือและความร่วมมือจากผู้มีพระคุณหลายท่านที่ได้มีคุณูปการ ทั้งด้านแนวคิด ประสบการณ์การช่วยเหลือและสนับสนุนด้านต่าง ๆ มิอาจลืมได้เลยคือประสบการณ์การทำงาน จากหัวหน้างานและเพื่อนพนักงานที่ได้ถ่ายทอดให้แก่ผู้วิจัยได้ศึกษา และความจริงใจจากพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกท่าน ในแผนกประกอบที่กรุณาช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง ตลอดจนโรงงานตัวอย่างที่ได้เป็นสถานที่เก็บข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. วันชัย ริจิรวนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจให้โอกาสในการพัฒนากระบวนการคิดแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอดโดยไม่จำกัดเวลา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับสำเร็จลุล่วงด้วยดี และกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่สอนทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ทางวิชาการและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อทำงานในภายภาคหน้า คุณประโยชน์อันเกิดแต่วิทยานิพนธ์ ขอมอบแด่บุพการี คณาจารย์ทุกท่านรวมทั้งบริษัทโตโยต้า มอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด

ศิริพงษ์ โพธิลักษณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... จ
บทที่..... 1
1 บทนำ..... 1
1.1 ภูมิหลัง..... 2
1.2 สภาพปัญหา.....25
1.3 วัตถุประสงค์.....36
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....37
1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย.....37
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....38
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....38

2 หลักการพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....39
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....39
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....78

3 ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตของสายการผลิตในขั้นตอนการตรียมการ.....83
3.1 การศึกษาสายการผลิตปัจจุบัน.....84
3.2 ปัญหาประสิทธิภาพและความสูญเสียในขั้นตอนการเตรียมการผลิต.....122
3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความสูญเสียของสายการผลิต
ในขั้นตอนการเตรียมการ.....132

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4 การกำหนดดัชนีเพื่อการวัดประเมินผล.....138

4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความสูญเสียในขั้นตอนการเตรียมการผลิต.....138

4.2 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการ.....160

4.3 การกำหนดดัชนี.....169

5 การประยุกต์ใช้ดัชนีในการประเมินสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการ.....174

5.1 การทดลองใช้ดัชนีเพื่อการประเมินสายการผลิตครั้งที่ 1.....174

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการประยุกต์ใช้ดัชนี.....183

5.3 การปรับปรุงดัชนีและกำหนดดัชนีที่เหมาะสม.....185

6 การปรับปรุงสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการ.....199

6.1 การปรับปรุงสายการผลิตก่อนการทดลองครั้งที่ 2.....199

6.2 การปรับปรุงสายการผลิตก่อนการทดลองครั้งสุดท้าย.....225

7 การศึกษาผลการปรับปรุง.....232

7.1 การติดตามผลการทดลองครั้งที่ 2.....232

7.2 การติดตามผลการทดสอบครั้งสุดท้าย.....239

7.3 ดัชนีมาตรฐานของสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการ.....244

8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....258

8.1 การสรุปผลการศึกษาและการประยุกต์.....258

8.2 ข้อเสนอแนะ.....260

รายการอ้างอิง.....263

ภาคผนวก.....266

ประวัติผู้เขียน.....280

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ปริมาณการผลิตรถยนต์เชิงพาณิชย์ขนาด 1 ตัน ตั้งแต่ปี 2530 – 2534	13
1.2	ชั่วโมงแรงงานและชั่วโมงที่แตกต่างจากแผน	26
2.1	ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดบางประการของการใช้อัตราผลผลิต	43
2.2	ประสิทธิผลและประสิทธิภาพในการทำงานกับอัตราผลผลิต	48
2.3	สาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเสียในการทำงานของอุปกรณ์	51
3.1	จำนวนพนักงานในแต่ละสายการประกอบ	86
3.2	จำนวนพนักงานในหน่วยเตรียมรถรุ่นใหม่หน่วย	86
3.3	ขั้นตอนและระยะเวลาการเตรียมการทดลองรถรุ่นใหม่	87
3.4	ขั้นตอนต่างๆ ในขั้นตอนการเตรียมการผลิตทั้ง 3 ครั้ง	88
3.5	จำนวนรถยนต์ที่ทำการทดลองในช่วงการเก็บข้อมูล	90
3.6	แผนย่อยการทดลองประกอบนอกสายการผลิต	93
3.7	รายการวัตถุดิบทางตรงที่ต้องทำการทดลอง	95
3.8	การเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วน	96
3.9	รายการเครื่องมือที่จำเป็นต้องทดลองในช่วงการเปลี่ยนแปลง	97
3.10	จำนวนการปรับปรุงและทำใหม่ของชั้นวางชิ้นส่วนและอุปกรณ์สำหรับขนถ่าย	106
3.11	รายละเอียดของผลิตภัณฑ์รถยนต์เชิงพาณิชย์ขนาด 1 ตัน ประเภทหัวเก๋ง เอกซ์ตร้าแค็บขนาดน้ำหนักและเครื่องยนต์	118
3.12	ระบบช่วงล่างแชชซีส์ของรถยนต์เชิงพาณิชย์ขนาด 1 ตัน	119
3.13	รายละเอียดของระบบช่วงล่างแชชซีส์ของรถยนต์ แบบหัวเก๋งธรรมดา	121
3.14	ชั่วโมงแรงงานและชั่วโมงแรงงานที่แตกต่างจากแผน	123
3.15	ผลการทดลองภาชนะขนถ่ายพิเศษเฉพาะรายการที่เพิ่มมาในรถรุ่นใหม่	126
3.16	การใช้พื้นที่ในการวางชั้นวางในการผลิตรถยนต์รุ่นต่าง ๆ	131
3.17	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า กระบวนการเตรียมการ และผลกระทบด้านความสูญเสีย	134
3.18	การแยกแยะปัจจัยคงที่และปัจจัยแปรผัน	136
4.1	กระบวนการประกอบและระยะเวลาประกอบในสายการประกอบทริม	139
4.2	กระบวนการประกอบและระยะเวลาการประกอบในสายการประกอบช่วงล่าง (ก่อนการปรับปรุง)	141

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.3	กระบวนการประกอบและระยะเวลาในสายการประกอบขั้นตอนสุดท้าย	144
4.4	ระดับทักษะการประกอบรถยนต์ของพนักงานภายใต้การทดลองประกอบ 4 ด้าน	146
4.5	กลุ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน	151
4.6	ปริมาณการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมและการดำเนินการ	155
4.7	ผลการติดตามปัญหาของชิ้นวางชิ้นส่วนและภาชนะขนถ่าย	158
4.8	จำนวนปัญหาจากการทดลองวัตถุดิบที่ทำการทดลอง 4 คัน	159
4.9	ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิต	168
4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า ส่วนที่ได้จากระบบการทดลองและผลกระทบ	170
4.11	ดัชนีชี้วัด สูตรคำนวณและเหตุผลของการเลือกใช้ดัชนีชี้วัดนี้	171
5.1	อัตราพนักงานที่ผ่านการฝึกประกอบระดับเป้าหมาย	175
5.2	อัตราการเกิดปัญหาชิ้นส่วนจากรถยนต์ที่ทดลอง	177
5.3	อัตราการเกิดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	178
5.4	ค่าดัชนีระดับปัญหาของเครื่องมือ	179
5.5	การใช้พื้นที่สำหรับชั้นวางชิ้นส่วน	180
5.6	อัตราการใช้งานได้จริงของอุปกรณ์	181
5.7	อัตราการเกิดปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ	183
5.8	การแปลความหมายค่าดัชนี	190
5.9	ระดับของปัญหา	188
5.10	แบบฟอร์มในมาตรฐานของ ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ	189
5.11	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพหมวดประสิทธิภาพของพนักงาน	190
5.12	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพหมวดประสิทธิภาพของชิ้นส่วน (1)	191
5.13	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพและหมวดประสิทธิภาพของชิ้นส่วน (2)	192
5.14	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพหมวดประสิทธิภาพของเครื่องมือเครื่องจักร	193
5.15	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพหมวดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ (1)	194
5.16	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพหมวดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ (2)	195
5.17	ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพหมดประสิทธิภาพของวัตถุดิบ	196
6.1	ค่าของดัชนีจากการประยุกต์ใช้ดัชนี	198
6.2	ปัจจัยต่างๆ กับปัญหาที่พบและแนวทางการปรับปรุง	199
6.3	รายการปรับปรุงสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการ	208

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.4	แผนการหมุนเวียนฝึกในกระบวนการประกอบ	212
6.5	แผนการฝึกประกอบเอกสารการประกอบ	212
6.6	กระบวนการดำเนินการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	214
6.7	กำหนดเวลาการทดลองเครื่องมือเครื่องจักรหลังการทดลองครั้งแรก	219
6.8	ปัญหาการใช้วัตถุดิบและแนวทางการปรับปรุง	222
6.9	กำหนดเวลาการทดลองการใช้วัตถุดิบเพิ่มเติมก่อนการทดลองครั้งที่ 2	223
6.10	กำหนดเวลาการทดลองการใช้วัตถุดิบเพิ่มเติมหลังการทดลองครั้งที่ 2	223
6.11	สรุปค่าดัชนีทั้ง 7 รายการที่ได้อาการประเมินสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการครั้งที่ 2 จำนวน 3 คัน	225
6.12	การปรับปรุงสายการผลิตในขั้นตอนการทดลอง	228
6.13	แผนการทดลองเครื่องมือเครื่ องจักรเพิ่มเติม	229
6.14	การตั้งมุมล้อประเภทต่าง ๆ	229
7.1	ค่าดัชนี อัตราพนักงานที่ผ่านการฝึกประกอบระดับเป้าหมาย	233
7.2	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาชิ้นส่วน	233
7.3	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	234
7.4	ค่าดัชนีอัตราความบกพร่องของเครื่องจักร	234
7.5	ค่าดัชนีการใช้พื้นที่สำหรับชั้นวาง	235
7.6	ค่าดัชนีอัตราการใช้ งานได้จริงของอุปกรณ์	235
7.7	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ	236
7.8	สรุปค่าดัชนีทั้ง 7 รายการที่ได้อาการประเมินสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการครั้งที่ 2 จำนวน 3 คัน	237
7.9	ค่าดัชนีอัตราพนักงานที่ผ่านการฝึกประกอบระดับเป้าหมาย	239
7.10	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาชิ้นส่วน	240
7.11	อัตราการเกิดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม (หลังการปรับปรุง)	240
7.12	ค่าดัชนีอัตราความบกพร่องของเครื่องจักร (หลังการปรับปรุง)	240
7.13	ค่าดัชนีการใช้พื้นที่สำหรับชั้นวาง	241
7.14	ค่าดัชนีอัตราการใช้งานได้จริงของอุปกรณ์	241
7.15	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ	242

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

7.16 สรุปค่าดัชนีทั้ง 7 รายการที่ได้จากการประเมินสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการครั้งสุดท้ายจำนวน 3 คัน 243

7.17 สรุปค่าความแตกต่างระหว่างค่าดัชนีเป้าหมายและค่าดัชนีจริง 244

7.18 ค่าดัชนีทั้ง 7 ดัชนีในการทดลองแต่ละครั้ง 256

7.19 ตารางการติดตามผลในการผลิตปริมาณมากตั้งแต่เดือนตุลาคม 2542- มีนาคม 2543 257

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังโครงสร้างองค์กร	9
1.2	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ รถยนต์เชิงพาณิชย์ขนาด 1 ตัน ประเภท C-Cab	13
1.3	สายการไหลของกระบวนการผลิตรถยนต์	14
1.4	ระบบการผลิต	19
1.5	ตารางตัวอย่างแผนแม่แบบ (Master Plan)	21
1.6	ความสูญเสียทางด้านเครื่องจักร	27
1.7	จำนวนชั้นวางที่ต้องทำการปรับปรุงในการเตรียมรถยนต์รุ่นต่าง ๆ	28
1.8	ความเสียหายด้านชิ้นส่วนในรุ่นต่าง ๆ	29
1.9	จำนวนความผิดพลาดของชิ้นส่วน	30
1.10	เปอร์เซ็นต์การใช้พื้นที่จัดกลางสำหรับวางชั้นวาง	31
1.11	การใช้งบประมาณในฝ่ายผลิตสำหรับ 797 ในหมวดเครื่องมือ	32
1.12	ความสูญเสียด้านแรงงาน	34
1.13	ปัญหาการหยุดสายการประกอบอันเนื่องมาจากเหตุต่าง ๆ	35
1.14	ชั่วโมงแรงงานในการเตรียมรถยนต์รุ่นใหม่ช่วง 6 เดือน	35
2.1	แสดงองค์ประกอบของระบบการผลิต	41
2.2	การปรับปรุงเรื่องต้นทุนคุณภาพและความเป็นมนุษย์ของระบบการผลิตโตโยต้า	66
2.3	แสดงการไหลของคัมบังสองชนิด	68
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาอย่างคร่าว ๆ	84
3.2	โครงสร้างองค์กรของแผนกประกอบ	85
3.3	ตัวอย่างแผนแม่แบบ (Master Plan) ในการทดลองรถยนต์รุ่นใหม่	91
3.4	การวางตำแหน่งรถยนต์ที่จะทำการทดลองบนสายการผลิต	92
3.5	ระดับความสามารถของพนักงานแบ่งระดับการประเมิน	93
3.6	เครื่องกดลูกปืนเข้ากับคอม้า	98
3.7	อุปกรณ์ยก	99
3.8	ชุดยิงโบทรูปตัวยู (U-bolt Tightening NutRunner)	100
3.9	เครื่องกลับโครงรถ (Frame Turn over Machine)	101
3.10	เครื่องตั้งมุมล้อ (Wheell Alignment Setting Machine)	102

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.11	เครื่องโรยกาวกระจก (Windshield Sealant Machine)	103
3.12	เครื่องเติมน้ำมันเพาว์เวอร์ (Power Steering Oil Filling Machine)	104
3.13	ชั้นวางแบบไหลได้	107
3.14	ชั้นวางแบบเบาว์ (Bulk Rack)	108
3.15	ภาชนะขน ชิ้นส่วนธรรมดา (Dally)	109
3.16	ภาชนะขนชิ้นส่วนแบบพิเศษ (Special Dolly)	110
3.17	ถาดใส่ชิ้นส่วน (Pallet)	111
3.18	ระบบของสายการผลิตในขั้นตอนการเตรียมการ	113
3.19	ผลิตภัณฑ์รถยนต์เชิงพานิชย์ขนาด 1 ตัน ประเภทหัวเก๋งเอกซ์ตร้าแค็บ	117
3.20	ระบบช่วงล่างของรถยนต์หัวเก๋งธรรมดา	120
3.21	กราฟรายงานชั่วโมงแรงงานต่อคันที่ใช้ในการประกอบรถยนต์	122
3.22	ความสูญเสียจากการไม่ได้ใช้และการปรับปรุงเครื่องจักร	124
3.23	จำนวนชั้นวางที่ต้องทำการปรับปรุงในแต่ละช่วงเวลา	124
3.24	ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงชั้นวางโดยประมาณ	125
3.25	ค่าใช้จ่ายเนื่องจากกระทำชิ้นส่วนเสียหาย	126
3.26	เงินทุนที่ใช้ในการเตรียมสายการผลิต (เฉพาะส่วนเพิ่มเติม)	127
3.27	ค่าพลังงานที่ใช้ในการประกอบรถยนต์	128
3.28	กระบวนการไหลของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลทางวิศวกรรม	129
3.29	ปัญหาเกี่ยวกับชิ้นส่วนที่ไม่ถูกต้องที่พบหลังการผลิตจริง	130
3.30	ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการเตรียม กระบวนการทดลองและปัญหาจากการเตรียม	132
4.1	ปัญหาคุ ณภาพชิ้นส่วนจากการทดลองรถยนต์ 4 คัน	153
4.2	การแบ่งระดับต่าง ๆ ของปัญหาคุณภาพชิ้นส่วน	154
4.3	ปัญหาเครื่องจักรจากการทดลองรถยนต์ 4 คัน	156
4.4	ปัญหาเครื่องจักรแบ่งตามเกณฑ์ความสำคัญของปัญหาช่วงการทดลองประกอบรถยนต์ 4 คัน	157
4.5	จำนวนปัญหาจากการทดลองวัตถุ ดิบ ที่ทำการทดลอง 4 คัน	160
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างการติดตามการทดลองในรถยนต์ 4 คันกับจำนวนปัญหา	160
4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการทดลองติดตามในรถยนต์ 4 คันกับจำนวนการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมจำนวนมาก	165

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการทดลองกับจำนวนปัญหา	160
4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้ง ของการทดลองกับ จำนวนปัญหา	167
6.1	รูปแบบการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มทักษะการประกอบของการพนักงาน	201
6.2	แผนภูมิขบวนการผลิตแบบต่อเนื่องประเภทคน : การประกอบหม้อน้ำด้านขวา	203
6.3	ไดอะแกรม : เส้นทางการเดินของพนักงาน	204
6.4	การปรับตำแหน่งการแขวนปืนลมสายการประกอบย่อยเครื่องยนต์	205
6.5	การปรับแนวที่แขวนปืนสายการประกอบช่วงล่าง	206
6.6	อุปกรณ์ขนชิ้นส่วนระหว่างชั้นวาง	206
6.7	ที่แขวนห่วงรถ	207
6.8	ที่แ ขวนสายน้ำยาฉีดกระจก	207
6.9	กระบอกใส่เสาคำฝาหน้าลดเวลาการเดินหยิบ	208
6.10	อุปกรณ์สาหรับขันชิ้นส่วนระหว่าง ชั้น วาง	208
6.11	ปรับแนววางกระจกลดระยะการเดิน	209
6.12	ที่แขวนสายหน้าปัทม์	209
6.13	การทำที่แขวนสายดันเร่ง	210
6.14	การทำอุปกรณ์ขันชิ้นส่วนระหว่างชั้นวาง (Synchrany Dolly)	210
6.15	การทำที่วางฟืนอยู่ใกล้พื้นที่งาน	211
6.16	เอกสารแจ้งการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	215
6.17	ใบปะหน้าเอกสารแจ้งการเปลี่ยนแปลง	216
6.18	เอกสารรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงแสดงโมเดลที่กระทบการเปลี่ยนแปลง	216
6.19	กระบวนการรับเอกสารแจ้งการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	217
6.20	บอร์ดควบคุมการเปลี่ยนแปลงวิศวกรรม	217
6.21	รูปแบบชั้นวาง	219
6.22	แบบฟอร์มการออกแบบชั้นวาง	220
6.23	กระบวนการทาน้ำยาตัวถังก่อนการปรับปรุง	224
6.24	กระบวนการทาน้ำยาตัวถังหลังการปรับปรุง	224
6.25	การปรับปรุงหัวเติมน้ำมันเพาว์เวอร์	231
7.1	อัตราพนักงานที่ผ่านการฝึกประกอบระดับเป้าหมาย	245

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้า
7.2	อัตราการเกิดปัญหาชิ้นส่วน	246
7.3	อัตราการเกิดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	247
7.4	อัตราความบกพร่องของเครื่องจักร	248
7.5	การใช้พื้นที่สำหรับชั้นวางชิ้นส่วน	249
7.6	อัตราการใช้งานจริงของอุปกรณ์	250
7.7	อัตราการเกิดปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ	251
7.8	ค่าดัชนีอัตราพนักงานที่ผ่านการฝึกประกอบระดับเป้าหมายในแต่ละช่วงการทดลอง	252
7.9	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาชิ้นส่วนในแต่ละช่วงการทดลอง	253
7.10	ค่าดัชนีอัตราการเกิดปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรม	253
7.11	อัตราความพร่องของเครื่องจักร	254
7.12	การใช้พื้นที่สำหรับชั้นวาง	254
7.13	อัตราการใช้งานได้จริงของอุปกรณ์	255
7.14	อัตราการเกิดปัญหาในการเตรียมวัตถุดิบ	255