การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบโฟลว์ชอป: กรณีศึกษา โรงหล่อ

นาย ปรีดี ตันติประภาส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-332-434-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18951082

FLOW SHOP SCHEDULING: CASE STUDY FOUNDRY SHOP

MR. PREEDEE TANTIPRAPHAT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-332-434-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบโฟลว์ชอป: กรณีศึกษา โรงหล่อ
โดย	นาย ปรีดี ดันติประภาส
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จรูญ มหิทธาฟองกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ปรีดี ตันติประภาส : การจัดตารางการผลิตสำหรับระบบโฟลว์ชอป: กรณีศึกษา โรงหล่อ (FLOW SHOP SCHEDULING: CASE STUDY FOUNDRY SHOP)
อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา, 250 หน้า. ISBN 974-332-434-8.

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลกระทบของปัจจัยกฎการจัดลำดับ (Dispatching Rules) ที่มีต่อประสิทธิภาพของระบบการผลิตแบบโฟลว์ชอป (Flow Shop) ด้วยเทคนิคการจำลองแบบปัญหาทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ARENA 2.2 จำลองแบบปัญหาของกรณีศึกษาในการจัดตารางการผลิตของโรงหล่อ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกฎการจัดลำดับสำหรับดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพในงานวิจัยฉบับนี้ประกอบด้วย เวลาที่งานอยู่ในระบบ (Flow Time) เวลาที่งานเสร็จไม่ตรงกำหนด (Lateness) เวลาที่งานเสร็จเกินกำหนดส่งงาน (Tardiness) อัตราส่วนจำนวนงานที่เสร็จเกินกำหนดส่งต่อจำนวนงานทั้งหมด (Proportion of Jobs Tardy) และอัตราการใช้เครื่องจักรของระบบ (System Utilization) จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า กฎการจัดลำดับมีผลต่อสำหรับดัชนีวัดประสิทธิภาพของระบบผลิตที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และการใช้กฎการจัดลำดับที่ดีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตของการผลิตของกรณีศึกษา สำหรับกฎการจัดลำดับที่มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงในปัญหาของกรณีศึกษา คือ LWKR (Least Work Remaining) SMT (Smallest Value obtain by Multiplying processing by total process time) และ SPT (Shortest Processing Time)

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

4070338821 MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: SCHEDULING / SIMULATION / DISPACHING RULE

PREEDEE TANTIPRAPHAT : FLOW SHOP SCHEDULING : CASE STUDY FOUNDRY SHOP. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D.
250 pp. ISBN 974-332-434-8

This paper attempts to investigate the influence of the dispatching rules to the performance of flow shop by using computer simulation technique. The simulation language "ARENA 2.2" is applied to model a foundry shop (case study) performed the simulation. The relative effectiveness of the dispatching rules is measured against mean flow time, mean lateness, mean tardiness, proportion of jobs tardy and average system utilization. The simulation results indicated that dispatching rules affect every measure of performance for 95% significance level. The rules that show good performance in the case study for all measures are LWKR, SMT and SPT.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	**ลายมือชื่อนิสิต**
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**
ปีการศึกษา 2542	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ทั้งความรู้ คำปรึกษา ข้อแนะนำ ตลอดข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์จรูญ มหิทธาฟองกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เหรียญ บุญดีสกุลโชค และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณบริษัทกรณีศึกษา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และให้ความรู้เกี่ยวกับกรณีศึกษา ขอขอบพระคุณ คุณสุทธิพร อุดมรัตน์ ผู้จัดการโรงงาน คุณอรุณชัย ชัยคณารักษ์กูล วิศวกร และพนักงานของบริษัทกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ขอขอบคุณเพื่อนๆนิสิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่ได้ให้กำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณมารดา ผู้เป็นสิ่งยึดมั่นทางใจ และให้กำลังใจตลอดเวลาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 กระบวนการผลิต 2
1.2 ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา 11
1.3 การจัดตารางการผลิต 11
1.4 ปัญหาของกรณีศึกษา 13
1.5 การกำหนดปัญหา 14
1.6 วัตถุประสงค์ 14
1.7 ขอบเขตการวิจัย 14
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 15
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 15
1.10 สรุปเนื้อหาในงานวิจัย 16
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 17
2.1 การจัดตาราง (Scheduling) 17
2.2 วิธีการจัดตารางการผลิต 19
2.3 วิธีการแก้ปัญหาการจัดตารางวิธีใหม่ 21
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้านจำลองแบบปัญหา 22
2.5 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 25
บทที่ 3 การจำลองแบบปัญหา 26
3.1 ประเภทของระบบงาน 27
3.2 กระบวนการจำลองแบบปัญหา 29
3.3 การกำหนดปัญหา 30
3.4 การวางแผนโครงการ 30
3.5 การกำหนดระบบงานที่ศึกษา 30
3.6 การสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ 36
3.7 การออกแบบการทดลองเบื้องต้น 36
3.8 การเตรียมข้อมูล 53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.9 การแปรรูปแบบจำลอง 54
3.10 การทดสอบความถูกต้อง 54
3.11 การวางแผนการการทดลองขั้นสุดท้าย 58
3.12 การดำเนินการทดลอง 60
3.13 การตีความผลการทดลอง 60
3.14 การจัดทำเอกสารการใช้งาน 61
3.15 สรุป 61
บทที่ 4 การเตรียมข้อมูล 62
4.1 การศึกษาข้อมูลของระบบงาน 62
4.2 เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล 63
4.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ 68
4.4 ข้อมูลที่จะนำเข้าในแบบจำลอง 69
4.4 การรวมเวลาเผื่อในการทำงานของการตัด เจียร และการตรวจสอบ 78
4.5 ตัวอย่างการคำนวณ 81
4.6 สรุป 84
บทที่ 5 การทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 85
5.1 การวางแผนการทดลอง เพื่อการทดสอบความถูกต้อง 86
5.2 ผลการทดลอง สำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 86
5.3 การทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ย เมื่อต้องเก็บข้อมูลเป็นคู่ 88
5.4 การทดสอบสมมติฐานว่า ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของสองประชากร ที่มีการกระจายของความน่าจะเป็นแบบปกติมีค่าเท่ากัน 89
5.5 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย 89
5.6 การเปรียบเทียบความแตกต่างของแบบจำลอง ระหว่างการทดลองแบบ เป็นวันต่อวันและแบบต่อเนื่อง 90
5.7 สรุป 91
บทที่ 6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง 92
6.1 Mean Flow Time 92
6.2 Mean Lateness 95
6.3 Mean Tardiness 97
6.4 Proportion of jobs tardy 98
6.5 System Utilization 100
6.6 ดัชนีวัดประสิทธิภาพโดยรวม 101

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.7 สรุป 104
บทที่ 7 สรุป 105
7.1 สรุป 105
7.2 ข้อจำกัดของแบบจำลอง 107
7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 107
รายการอ้างอิง 108
ภาคผนวก 111
ภาคผนวก ก 111
ภาคผนวก ข 129
ภาคผนวก ค 151
ภาคผนวก ง 154
ภาคผนวก จ 202
ภาคผนวก ฉ 216
ภาคผนวก ช 222
ภาคผนวก ซ 245
ประวัติผู้วิจัย 250

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบที่ศึกษา 31
ตารางที่ 4.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการทำงานของการหล่อแบบทราย..... 64
ตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการทำงานของการหล่อเครื่อง KWC..... 64
ตารางที่ 4.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตัดของชิ้นงานกลุ่มที่ 1..... 64
ตารางที่ 4.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการเจียรของชิ้นงานกลุ่มที่ 1..... 65
ตารางที่ 4.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการตรวจสอบของชิ้นงานกลุ่มที่ 1..... 65
ตารางที่ 4.6 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการทำงานของเครื่อง GDC เนื่อง 2 ปัจจัย.. 66
ตารางที่ 4.7 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเวลาการทำงานของเครื่อง IMR เนื่อง 2 ปัจจัย... 67
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลเวลาการผลิต 70
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลอัตราส่วนร้อยละแบบดีจากการผลิต 72
ตารางที่ 4.10 ข้อมูลอัตราส่วนร้อยละชิ้นงานดีจากการตรวจสอบ 73
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลเวลาสูญเสียของการผลิต 74
ตารางที่ 4.12 ตารางเวลาการทำงานของพนักงานหล่อและตรวจสอบ 77
ตารางที่ 4.13 ตารางเวลาการทำงานของพนักงานตัดและเจียร 77
ตารางที่ 4.14 คะแนนตามความเครียด 80
ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 1..... 81
ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวอย่างที่ 2..... 82
ตารางที่ 4.17 ตารางแจกแจงความถี่ของข้อมูลและ ค่าคาดหมายของเวลา
การทำงานของเครื่องจักรหล่อแบบทราย 83
ตารางที่ 4.18 ค่าสถิติไคร์สแควร์..... 84
ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างผลการทดลองเบื้องต้น..... 87
ตารางที่ 5.2 ผลการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ย 88
ตารางที่ 5.3 ผลการทดสอบสมมตฐานความเท่ากันของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน..... 89
ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง 90
ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ความเท่ากันของค่าเฉลี่ย ระหว่างการทดลองแบบวันต่อวัน
และแบบต่อเนื่อง 90
ตารางที่ 6.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า
Mean Flow Time 93
ตารางที่ 6.2 ผลของDuncan's multiple range test ต่อค่า Mean Flow Time (*10^5วินาที). 94
ตารางที่ 6.3 ตารางค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดของflow time (*10^5วินาที)..... 95
ตารางที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า
Mean Lateness..... 96

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6.5 ผลของ Duncan's multiple range test ต่อค่า Mean Lateness (*10^5วินาที).. 96
ตารางที่ 6.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า Mean Tardiness 97
ตารางที่ 6.7 ผลของ Duncan's multiple range test ต่อค่า Mean Tardiness (*10^5วินาที). 98
ตารางที่ 6.8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า Proportion of Jobs Tardy 99
ตารางที่ 6.9 ผลของDuncan's Multiple Range Test ต่อค่า Proportion of Jobs Tardy..... 99
ตารางที่ 6.10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ปัจจัยกฎการจัดลำดับต่อค่า System Utilization..... 100
ตารางที่ 6.11 ผลของ Duncan's multiple range test ต่อค่า System Utilization 101
ตารางที่ 6.12 ผลค่าเฉลี่ยของการลำดับของกฎการจัดลำดับ 102
ตารางที่ 6.13 ผลของกฎการจัดลำดับเมื่อเปรียบเทียบแต่ละดัชนีวัดประสิทธิภาพ..... 103
ตารางที่ 6.14 ผลของกฎการจัดลำดับที่เปลี่ยนแปลงจากระบบเดิม เมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละ 103
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลเวลาการผลิตของสถานีหล่อแบบทราย (วินาที)..... 111
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลเวลาการผลิตของสถานีหล่อแบบ GDC (วินาที)..... 111
ตารางที่ ก.3 ข้อมูลเวลาการผลิตของสถานีหล่อ IMR ผลิต1แบบ (วินาที)..... 112
ตารางที่ ก.4 ข้อมูลเวลาการผลิตของสถานีหล่อ IMR ผลิต2แบบ (วินาที)..... 112
ตารางที่ ก.5 ข้อมูลเวลาการผลิตของสถานีหล่อ KWC (วินาที)..... 113
ตารางที่ ก.6 ข้อมูลเวลาการผลิตของการตัด 113
ตารางที่ ก.7 ข้อมูลเวลาการผลิตของการเจียร 119
ตารางที่ ก.8 ข้อมูลเวลาการผลิตของการตรวจสอบ 128
ตารางที่ ข.1 ข้อมูลใบสั่งผลิต 129
ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการหล่อแบบทราย 151
ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการหล่อแบบGDC..... 151
ตารางที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการหล่อ IMR 152
ตารางที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการหล่อ KWC..... 152
ตารางที่ ค.5 ผลการทดสอบลักษณะการกระจายของความน่าจะเป็นของข้อมูล..... 152
ตารางที่ ง.1 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการหล่อแบบทราย..... 154
ตารางที่ ง.2 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการหล่อแบบ GDC..... 155
ตารางที่ ง.3 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการหล่อแบบ IMR 1 แบบ 156
ตารางที่ ง.4 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการหล่อแบบ IMR 2 แบบ 157

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง.5 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการหล่อแบบ KWC 158
ตารางที่ ง.6 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 1 159
ตารางที่ ง.7 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 2 160
ตารางที่ ง.8 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 3 161
ตารางที่ ง.9 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 4 162
ตารางที่ ง.10 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 5 163
ตารางที่ ง.11 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 6 164
ตารางที่ ง.12 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 7 165
ตารางที่ ง.13 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 8 166
ตารางที่ ง.14 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 9 167
ตารางที่ ง.15 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 10 168
ตารางที่ ง.16 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 11 169
ตารางที่ ง.17 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 12 170
ตารางที่ ง.18 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 13 171
ตารางที่ ง.19 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 14 172
ตารางที่ ง.20 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 15 173
ตารางที่ ง.21 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตัดกลุ่มที่ 16 174
ตารางที่ ง.22ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 1 175
ตารางที่ ง.23 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 2 176
ตารางที่ ง.24 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 3 177
ตารางที่ ง.25 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 4 178
ตารางที่ ง.26 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 5 179
ตารางที่ ง.27 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 6 180
ตารางที่ ง.28 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 7 181
ตารางที่ ง.29 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 8 182
ตารางที่ ง.30 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 9 183
ตารางที่ ง.31 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 10 184
ตารางที่ ง.32 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 11 185
ตารางที่ ง.33 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 12 186
ตารางที่ ง.34 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 13 187
ตารางที่ ง.35 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 14 188
ตารางที่ ง.36 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 15 189

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง.37 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 16 190
ตารางที่ ง.38 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 17 191
ตารางที่ ง.39 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 18 192
ตารางที่ ง.40 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 19 193
ตารางที่ ง.41 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการเจียรกลุ่มที่ 20 194
ตารางที่ ง.42 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตรวจสอบกลุ่มที่1 195
ตารางที่ ง.43 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตรวจสอบกลุ่มที่2 196
ตารางที่ ง.44 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาการตรวจสอบกลุ่มที่3 197
ตารางที่ ง.45 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาสูญเสียของเครื่องหล่อทราย..... 198
ตารางที่ ง.46 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาสูญเสียของเครื่องGDC 199
ตารางที่ ง.47 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาสูญเสียของเครื่องIMR..... 200
ตารางที่ ง.48 ตารางแจกแจงความถี่ของเวลาสูญเสียของเครื่อง KWC..... 201
ตารางที่ จ.1 ความกดปานกลาง : คะแนนแรงกระทำเฉลี่ย..... 203
ตารางที่ จ.2 ความกดต่ำ : คะแนนแรงกระทำเฉลี่ย..... 204
ตารางที่ จ.3 ความกดสูง : คะแนนแรงกระทำเฉลี่ย 205
ตารางที่ จ.4 คะแนนตามอุณหภูมิและความชื้น..... 212
ตารางที่ จ.5 เปอร์เซ็นต์เวลาเผื่อการพักผ่อนสำหรับคะแนนทั้งหมด 215
ตารางที่ ฉ.1 ข้อมูลสำหรับทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 216

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 กระบวนการผลิตของกรณีศึกษา 2
รูปที่ 1.2 แผนผังการทำงานของกระบวนการหล่อแบบทราย 3
รูปที่ 1.3 ผังการหล่อแบบทราย 5
รูปที่ 1.4 แผนผังการทำงานของกระบวนการหล่อแบบ GDC 6
รูปที่ 1.5 ผังการหล่อแบบ Die Casting 6
รูปที่ 1.6 แผนผังการทำงานของกระบวนการหล่อแบบ LPDC 8
รูปที่ 1.7 ผังของแผนกหล่อ 8
รูปที่ 1.8 แสดงการไหลของงานในการตัดเจียร 9
รูปที่ 1.9 แผนผังการไหลของข้อมูลในการวางแผน 12
รูปที่ 2.1 Pure Flow Shop 18
รูปที่ 2.2 General Flow Shop 18
รูปที่ 2.3 วิธี A Branch and Bound 19
รูปที่ 3.1 ระบบตายและระบบไม่แน่นอน 28
รูปที่ 3.2 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของการหล่อ 32
รูปที่ 3.3 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในการสร้างงาน 39
รูปที่ 3.4 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบทราย 40
รูปที่ 3.5 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบ GDC 42
รูปที่ 3.6 แผนภูมิขั้นดอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบ IMR 44
รูปที่ 3.7 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการหล่อแบบ KWC 46
รูปที่ 3.8 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการตัด 48
รูปที่ 3.9 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการเจียร 50
รูปที่ 3.10 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการพ่นทราย 51
รูปที่ 3.11 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีการตรวจสอบ 52
รูปที่ 3.12 แผนภูมิขั้นตอนการทำงานของแบบจำลองในสถานีปิดงาน 53
รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง GO และ Until 55
รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Break และ Set Watch 56
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Set Intercept และ Set Trace 56
รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Show 57
รูปที่ 3.17 กราฟ Moving Average ที่ K=20 59
รูปที่ 3.18 กราฟ Correlogram ของ Flow Time 60
รูปที่ 4.1 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่องจักร SAND 75
รูปที่ 4.2 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่องจักร GDC 75

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่องจักร IMR 76
รูปที่ 4.4 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่องจักร KWC 76
รูปที่ 4.5 เวลามาตรฐาน 78
รูปที่ 4.6 แสดงกราฟเวลาการทำงานของเครื่องจักรหล่อแบบทราย 83
รูปที่ 5.1 กราฟ Moving Average ของเวลาการผลิต (W = 5) 87
รูปที่ 5.2 กราฟเวลาการผลิตสะสมของงาน 88
รูปที่ 7.1 กราฟเปรียบเทียบผลจากระบบเดิม 107
รูปที่ ง.1 กราฟเวลาการทำงานของการหล่อแบบทราย 154
รูปที่ ง.2 กราฟเวลาการทำงานของการหล่อแบบ GDC 155
รูปที่ ง.3 กราฟเวลาการทำงานของการหล่อแบบ IMR 1 แบบ 156
รูปที่ ง.4 กราฟเวลาการทำงานของการหล่อแบบ IMR 2 แบบ 157
รูปที่ ง.5 กราฟเวลาการทำงานของการหล่อแบบ KWC 158
รูปที่ ง.6 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 1 159
รูปที่ ง.7 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 2 160
รูปที่ ง.8 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 3 161
รูปที่ ง.9 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 4 162
รูปที่ ง.10 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 5 163
รูปที่ ง.11 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 6 164
รูปที่ ง.12 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 7 165
รูปที่ ง.13 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 8 166
รูปที่ ง.14 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 9 167
รูปที่ ง.15 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 10 168
รูปที่ ง.16 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 11 169
รูปที่ ง.17 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 12 170
รูปที่ ง.18 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 13 171
รูปที่ ง.19 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 14 172
รูปที่ ง.20 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 15 173
รูปที่ ง.21 กราฟเวลาการทำงานของการตัดกลุ่มที่ 16 174
รูปที่ ง.22 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 1 175
รูปที่ ง.23 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 2 176
รูปที่ ง.24 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 3 177
รูปที่ ง.25 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 4 178

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.26 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 5 179
รูปที่ ง.27 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 6 180
รูปที่ ง.28 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 7 181
รูปที่ ง.29 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 8 182
รูปที่ ง.30 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 9 183
รูปที่ ง.31 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 10 184
รูปที่ ง.32 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 11 185
รูปที่ ง.33 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 12 186
รูปที่ ง.34 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 13 187
รูปที่ ง.35 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 14 188
รูปที่ ง.36 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 15 189
รูปที่ ง.37 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 16 190
รูปที่ ง.38 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 17 191
รูปที่ ง.39 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 18 192
รูปที่ ง.40 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 19 193
รูปที่ ง.41 กราฟเวลาการทำงานของการเจียรกลุ่มที่ 20 194
รูปที่ ง.42 กราฟเวลาการทำงานของการตรวจสอบกลุ่มที่ 1 195
รูปที่ ง.43 กราฟเวลาการทำงานของการตรวจสอบกลุ่มที่ 2 196
รูปที่ ง.44 กราฟเวลาการทำงานของการตรวจสอบกลุ่มที่ 3 197
รูปที่ ง.45 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่อง SAND 198
รูปที่ ง.46 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่อง GDC 199
รูปที่ ง.47 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่อง IMR 200
รูปที่ ง.48 กราฟเวลาสูญเสียของเครื่อง KWC 201