

การวิเคราะห์ภาวะและปัญหาของอุตสาหกรรมหล่อโลหะในประเทศไทย



นายฤกษ์วัลย์ จันทร์สา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-232-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 16892525

AN ANALYSIS OF CONDITIONS AND PROBLEMS
OF FOUNDRY INDUSTRY IN THAILAND

Mr. Ruephuwan Chantrasa

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

1996

ISBN 974-633-232-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์ภาวะและปัญหาของอุตสาหกรรมหล่อโลหะใน
ประเทศไทย

โดย นายฤทธิชัย จันทรสา


ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วันชัย วิจารณ์ิช

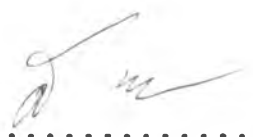
อ.ไพบุลย์ ชูฟังอาตม์




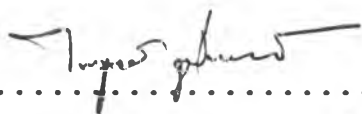
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

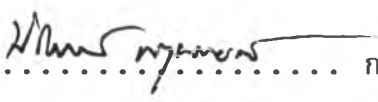

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ฤงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย วิจารณ์ิช)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ไพบุลย์ ชูฟังอาตม์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปริทรรศน์ พันธุ์บรยงก์)



ญกุลวัลย์ จันทธรา การวิเคราะห์สภาวะและปัญหาของอุตสาหกรรมหล่อโลหะในประเทศไทย
(AN ANALYSIS OF CONDITIONS AND PROBLEMS OF FOUNDRY INDUSTRY IN THAILAND)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วันชัย วิจิรวณิช อ. ไพบุลย์ ชูพึ่งอาตม์ 534 หน้า. ISBN 974-633-232-5

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาวะและปัญหาของอุตสาหกรรมหล่อโลหะที่เป็นอยู่ปัจจุบัน ซึ่งนำไปสู่การกำหนดแนวทางการพัฒนาอุตสาหกรรมประเภทนี้ต่อไป ในการดำเนินงานได้แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน และปรากฏผลการวิจัยดังนี้

1. การวิเคราะห์สภาวะและปัญหาของอุตสาหกรรมหล่อโลหะ จากการเข้าสำรวจโรงงานหล่อโลหะจำนวน 22 โรงงาน พบว่า โรงงานขนาดใหญ่ มีการบริหารงานที่เป็นระบบมีการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในกระบวนการผลิต ตลอดจนการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับโรงงานขนาดใหญ่คือ การขาดแคลนแรงงานช่างฝีมือและปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ สำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กมีสภาพโดยทั่วไปและประสบปัญหาที่คล้ายคลึงกันได้แก่ การขาดแคลนอุปกรณ์เครื่องมือในกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ ขาดแคลนแรงงาน ไม่มีระบบการบริหารงาน ไม่มีการวางแผนและการควบคุมการผลิต ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำ

2. การจัดทำระบบฐานข้อมูลอุตสาหกรรมหล่อโลหะ โดยได้รวบรวมข้อมูลของ อุตสาหกรรมหล่อโลหะ ออกแบบและสร้างระบบฐานข้อมูล เพื่อการจัดเก็บและนำเสนอข้อมูลได้อย่างสะดวก รวดเร็ว ถูกต้อง เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งานทั้งภาครัฐและเอกชน

3. การวิเคราะห์สภาวะและปัญหาของโรงงานตัวอย่าง พบว่าปัญหาที่โรงงานตัวอย่างประสบมีลักษณะสอดคล้องกับปัญหาของโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็กที่ได้สำรวจได้แก่ การขาดแคลนแรงงาน การขาดระบบการบริหารงาน ไม่มีระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต ไม่มีระบบการควบคุมคุณภาพที่ดี แต่ปัญหาที่สำคัญที่สุดคือ การเกิดของเสียในปริมาณสูง การวิจัยครั้งนี้จึงได้รวบรวมข้อมูลผลผลิตและข้อบกพร่องชิ้นงานหล่อโดยการจัดทำระบบรหัส ระบบตรวจสอบชิ้นงานหล่อ และจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์งานหล่อ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนอันจะนำไปสู่การลดปริมาณของเสียและเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและระบบการบริหารงานในอุตสาหกรรมหล่อโลหะต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิติ กุศลใจ อภิการ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ.ไพบุลย์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ.ไพบุลย์

C416109 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
 KEY WORD: FOUNDRY INDUSTRY/DATA BASE/CONDITION
 RUEPHUWAN CHANTRASA : AN ANALYSIS OF CONDITIONS AND PROBLEMS OF
 FOUNDRY INDUSTRY IN THAILAND. THESIS ADVISORS:
 ASSO.PROF.VANCHAI RIJRAVANICH, Ph.D., MR.PHAIBUL CHOOPUNG-ARTM
 534 PP. ISBN 974-633-232-5

The purpose of this research was to study and analyze the present conditions and problems of foundry industry in Thailand in order to find some means to improve and to develop the foundry industry. The research has been conducted by 3 aspects and the findings revealed as follows:

1. From the survey and analysis of the present conditions and problems in 22 foundry factories, it was found that in large-sized factories, the modern technologies and tools were widely utilized in production and management processes. Problems found were the lack of skilled labors and the shortage of raw materials. The midium-sized and small-sized factories problems were similar. Additional crises were the lack of modern technologies for effective production and management processes, the lack of planning and quality control system and the low-quality products.

2. To set up data base for foundry industry, a data base was designed for keeping essential information and data concerning foundry industry. This serves as a data base for those government and public concerns.

3. A case study on the conditions and problems of a selected foundry factory was conducted. The analysis revealed that the factory was facing with major problems similar to those of medium-sized and small-sized factories such as shortage of skilled labors, lack of systematic planning and management process, poor quality control system. The most crucial problem was the losses in the production due to low quality products, low productivity, high cost of production, etc. A problem-oriented computer program for keeping and analysing operational problems has been created to help minimizing the losses and improving the production and management processes in the foundry factory.

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....

ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิติกร..... *กฤษกร* *อภินันท์*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *วณ* *รช*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *พญกมล ฐนัฒน*.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความช่วยเหลือด้านการให้คำปรึกษา คำแนะนำจากท่านรองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย วิจิรวณิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษาด้วยความเอาใจใส่ตลอดเวลา ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม และ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีทรรศน์ พันธุ์รชรยงก์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบและตรวจสอบความถูกต้องของวิทยานิพนธ์นี้ด้วยดีตลอดมา กับทั้งขอขอบพระคุณอาจารย์ไพบูลย์ ชูฟังอาดมภ์ แห่งสถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหการ ที่กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และได้ให้คำปรึกษาคำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่งสำหรับการวิจัยครั้งนี้ กับทั้งได้ให้ความอนุเคราะห์ด้านเอกสารข้อมูลเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการหล่อ ซึ่งเป็นส่วนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิจัยครั้งนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้หากไม่ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบรรดาโรงงานอุตสาหกรรมหล่อโลหะทั้งหลายตามรายชื่อในภาคผนวกนี้ที่ได้อนุเคราะห์ให้ผู้ทำการวิจัย เข้าไปศึกษาและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณพลชัย จันทร์แสงเจริญ เจ้าของและผู้จัดการ ตลอดจนพนักงานโรงงานทุกท่านที่ได้เอื้อเฟื้อให้ผู้วิจัยได้ เข้าทำการศึกษ เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยโดยละเอียด เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อคุณแม่เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความช่วยเหลือทุกสิ่งทุกอย่างจนวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงลงได้ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอประกาศคุณประการของท่านทั้งหลายที่ได้กล่าวนามมาแล้ว และที่ไม่สามารถจะนำมากล่าวโดยทั้งหมดได้ด้วยความเคารพและความขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ

บทที่

1	บทนำ	1
1.1	ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.3	ขอบเขตของการวิจัย	9
1.4	ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	10
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	11
1.6	การสำรวจงานวิจัย	11
2	สภาวะของอุตสาหกรรมหล่อโลหะในประเทศไทย	15
2.1	สภาวะโดยทั่วไปของอุตสาหกรรมหล่อโลหะ	15
2.2	สภาวะตลาดงานหล่อโลหะ	21
2.3	อุตสาหกรรมงานโลหะ	26
3	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการหล่อโลหะ	47
3.1	ประเภทและคุณลักษณะของโลหะหล่อ	47
3.2	กระบวนการผลิตโลหะหล่อ	55
3.3	การควบคุมคุณภาพงานหล่อโลหะ	67

บทที่

4	การวิเคราะห์สภาวะและปัญหาของอุตสาหกรรมหล่อโลหะใน ในประเทศไทย	101
4.1	สภาพทั่วไป	102
4.2	กระบวนการผลิต	111
4.3	การจัดการ	144
4.4	ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม	156
5	ระบบฐานข้อมูลอุตสาหกรรมหล่อโลหะ	165
5.1	ความสำคัญและที่มาของระบบฐานข้อมูล	165
5.2	การวิเคราะห์ระบบงาน	165
5.3	การออกแบบระบบฐานข้อมูล	166
6	กรณีศึกษาสภาวะและปัญหาของโรงงานตัวอย่าง	176
6.1	การศึกษาสภาวะทั่วไปของโรงงาน	176
6.2	การศึกษาด้านการบริหาร	182
6.3	การศึกษาด้านการผลิต	190
6.4	การศึกษาด้านการควบคุมคุณภาพ	205
6.5	การวิเคราะห์ปัญหาของโรงงานตัวอย่าง	207
6.6	ระบบรหัสชิ้นงานหล่อ	213
6.7	การตรวจสอบข้อบกพร่องของชิ้นงานหล่อ ๆ	220
6.8	โปรแกรมคอมพิวเตอร์งานหล่อ	226
6.9	การวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตและข้อบกพร่องชิ้นงานหล่อ	233
6.10	แนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องชิ้นงานหล่อ	242
7	สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	249

บทที่ ๑

รายการอ้างอิง	265
ภาคผนวก ก. แบบสอบถาม	269
ภาคผนวก ข. โปรแกรมฐานข้อมูลอุตสาหกรรมหล่อโลหะ	276
ภาคผนวก ค. โปรแกรมคอมพิวเตอร์โรงงานหล่อโลหะ	355
ภาคผนวก ง. รหัสชิ้นงานหล่อ	492
ภาคผนวก จ. ภาพถ่ายชิ้นงานหล่อและผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง	499
ภาคผนวก ฉ. ภาพถ่ายแสดงสภาพของโรงงานหล่อโลหะ	508
ภาคผนวก ช. ตารางแสดงรายละเอียดข้อบกพร่องของชิ้นงานหล่อ	519

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 สัดส่วนของผลผลิตในภาคเศรษฐกิจต่าง ๆ ต่อผลิตภัณฑ์มวลรวม ประชาชาติในระยะสิ้นสุดของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 1-6 และแผน พัฒนาฯ ฉบับที่ 7 (ปี 2536)	2
1.2 ปริมาณการผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประเภท ต่าง ๆ ในประเทศไทย	5
2.1 มูลค่าการนำเข้าและส่งออกวัตถุดิบในการหล่อโลหะ ปี 2531- 2536	17
2.2 สถิติการนำเข้าและส่งออกเหล็กถลุงและเหล็กกล้าหล่อขึ้นรูปปี 2528-2536	18
2.3 สถิติปริมาณการผลิตรถยนต์แยกตามประเภทและขนาดรถยนต์ ปี 2533-2536	30
2.4 สถิติมูลค่าการส่งออกชิ้นส่วนและอุปกรณ์ยานยนต์ ปี 2532- 2536	32
2.5 สถิติมูลค่าการนำเข้าชิ้นส่วนและอุปกรณ์ยานยนต์ ปี 2532- 2536	35
2.6 สรุปสถิติมูลค่าการส่งออกเครื่องจักรกล แยกตามประเภทปี 2532-2536	38
2.7 สถิติมูลค่าการนำเข้าเครื่องจักรกลการเกษตร และอุปกรณ์ อื่น ๆ ปี 2532-2536	40
2.8 สถิติมูลค่าการส่งออกเครื่องจักรกลการเกษตรและอุปกรณ์อื่น ๆ ปี 2532-2536	42
2.9 มูลค่าการนำเข้าและส่งออกแม่พิมพ์ ปี 2531-2536	45
3.1 ส่วนผสมทางเคมีของเม็ดทราย (%)	62
3.2 ส่วนผสมทางเคมีของเม็ดทรายโอลิวีน (%)	63

3.3	ส่วนผสมทางเคมีของเม็ดทรายเซอร์คอน (%)	63
3.4	ส่วนผสมทางเคมีของเม็ดทรายโครไมท์ (%)	63
3.5	คุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อประเภทต่าง ๆ	72
3.6	มาตรฐานเหล็กดิบหรือเหล็กพิกที่ใช้ผลิตเหล็กเหนียว (JIS G 2201-1976)	76
3.7	มาตรฐานเหล็กดิบที่ใช้ผลิตเหล็กหล่อ (JIS G 2202- 1976)	77
3.8	เฟอร์โรซิลิกอน (JIS G 2302)	81
3.9	เฟอร์โรแมงกานีส (JIS G 2301)	82
3.10	ชนิดของแผนภูมิควบคุม	100
4.1	ประเภทกิจการของโรงงานจำแนกตามขนาดโรงงาน	102
4.2	ประเภทการผลิต	104
4.3	ประเภทโลหะหล่อ	106
4.4	จำนวนพนักงาน	108
4.5	กำลังการผลิต	109
4.6	การได้รับการส่งเสริมการลงทุน	110
4.7	ประเภทวัตถุดิบ	112
4.8	วิธีการเลือกวัตถุดิบ	113
4.9	ปัญหาด้านวัตถุดิบที่พบ	114
4.10	การออกแบบและการเขียนแบบงานหล่อโลหะ	116
4.11	การทำกระสวน	117
4.12	ปัญหาในการทำกระสวน	119
4.13	ข้อบกพร่องของงานหล่อที่เกิดจากข้อบกพร่องของกระสวน	120
4.14	ลักษณะแบบหล่อ	122
4.15	ชนิดของแบบทรายหล่อ	123
4.16	ตรวจสอบคุณสมบัติของทรายทำแบบหล่อ	124

4.17	ปัญหาการหล่อและข้อบกพร่องในการทำแบบหล่อ	126
4.18	ประเภทของเตาหลอมที่ใช้	128
4.19	อัตราส่วนวัตถุดิบที่ใช้หลอม	129
4.20	การวัดอุณหภูมิขณะหลอม	130
4.21	การเทหล่อ	131
4.22	ปัญหาของเตาหลอม	133
4.23	การกำหนดมาตรฐานคุณภาพ	134
4.24	ผู้ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพ	135
4.25	รายการตรวจสอบคุณภาพ	137
4.26	การตรวจสอบชิ้นงานหล่อสำเร็จ	139
4.27	ตรวจสอบคุณภาพที่ใช้ในโรงงาน	140
4.28	เปอร์เซ็นต์ของเสียหลังการผลิต	141
4.29	ลักษณะของจุดเสียในชิ้นงานที่มักเกิดขึ้นเป็นประจำ	143
4.30	การจัดโครงสร้างองค์กรของโรงงาน	144
4.31	ลักษณะการจ้างงาน	145
4.32	ปัญหาด้านแรงงาน	147
4.33	การขาดแคลนแรงงาน	148
4.34	สภาพการระบบควบคุมการผลิต	149
4.35	ปัญหาการวางแผนการผลิต	151
4.36	ปัญหาการควบคุมการผลิต	152
4.37	สาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามแผนที่วางไว้	153
4.38	สาเหตุของการส่งงานล่าช้า	155
4.39	อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นมากที่สุดเกิดขึ้นในขั้นตอนใด	156
4.40	สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากการกระทำที่ไม่ปลอดภัย	158
4.41	สาเหตุการเกิดอุบัติเหตุเนื่องจากการสภาพการไม่ปลอดภัย	159
4.42	สาเหตุที่คนงานไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตราย	160

4.43	ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในโรงงาน	163
4.44	โรงงานมีระบบกำจัดน้ำโสโครกหรือไม่	164
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างแอนติบอดีต่าง ๆ ในระบบข้อมูลอุตสาหกรรม หล่อโลหะ	168
5.2	เกณฑ์ในการพิจารณาแบ่งขนาดของโรงงานหล่อโลหะ	173
6.1	จำนวนแรงงานในระดับต่าง ๆ ของโรงงานตัวอย่าง	186
7.1	สรุปสภาวะของโรงงานอุตสาหกรรมหล่อโลหะ	250
7.2	สรุปปัญหาของโรงงานอุตสาหกรรมหล่อโลหะ	254

สารบัญภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ของอุตสาหกรรมงานโลหะ	28
3.1 แผนผังแสดงโลหะหล่อประเภทต่าง ๆ	48
3.2 กระบวนการผลิตโลหะหล่อโดยใช้แบบหล่อทราย	56
3.3 การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตโลหะหล่อ	69
3.4 ขนาด, รูปร่างของการทดสอบรูปลิ้ม (มม.)	83
3.5 ขนาดของแผ่นทดสอบวัดผิวแข็ง (มม.)	84
3.6 Break surface pattern ของน้ำโลหะ	85
3.7 ผลของค่า CE และ INOCULATION ที่มีต่อความต้านแรงดึง ..	86
3.8 การทดสอบรอยบกพร่องโดยวิธีการดูซึมของเหลว	89
3.9 หลักการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทดสอบโดยใช้ อัลตราโซนิก	90
3.10 การทดสอบโดยใช้ผงแม่เหล็ก	91
3.11 การทดสอบโดยใช้การถ่ายภาพรังสี	92
3.12 ผังพาเรโตแสดงจำนวนรายการความบกพร่อง	95
3.13 รูปทั่วไปของผังแสดงเหตุและผล	97
3.14 ประเภทของฮิสโตแกรม	98
4.1 ปีที่ก่อตั้งโรงงาน	107
5.1 แผนภาพโมเดลข้อมูลเชิงตรรกของระบบฐานข้อมูลอุตสาหกรรม หล่อโลหะ	169
6.1 แผนผังโรงงานตัวอย่าง	178
6.2 เคนเหนือศีรษะ	181
6.3 รถขนของใช้ในโรงงาน	182
6.4 โครงสร้างการแบ่งงานของโรงงานตัวอย่าง	184
6.5 ขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตโลหะหล่อของโรงงานตัวอย่าง	191

6.6	รูปร่างของเม็ดทรายที่ใช้ทำแบบหล่อขยาย 50 เท่า	192
6.7	แบบหล่อทรายขึ้น	193
6.8	แบบหล่อคาร์บอนไดออกไซด์หรือ CO ₂	194
6.9	การทำไส้แบบ	195
6.10	การเตรียมวัตถุดิบในการหลอมโลหะ	196
6.11	การปฏิบัติงานเตาหลอม	199
6.12	การเทเหล็กหล่อ	201
6.13	การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องยิงทราย	203
6.14	ใบรายงานผลการผลิต	204
6.15	แผนภูมิพาเรโตแสดงลำดับความสำคัญของปัญหาโรงงานตัวอย่าง	211
6.16	ระบบในการตรวจสอบชิ้นงานสำเร็จ	222
6.17	แบบฟอร์มบันทึกการผลิตแผนกหล่อ	224
6.18	แบบฟอร์มตรวจสอบข้อบกพร่องชิ้นงานหล่อ	225
6.19	แผนภาพ DFD _u ระบบงานประมวลผลการผลิตและข้อบกพร่อง ชิ้นงานหล่อ	228
6.20	ผังโครงสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์งานหล่อ	233
6.21	กราฟสรุปผลการผลิตเหล็กหล่อแต่ละวันในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2538	235