การประยุกต์เทคนิคเอสพีซีเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตลูกสูบรถยนต์

นาย อารักษ์ แยบสูงเนิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-171-581-1

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20697843

APPLICATION OF SPC TECHNIQUE TO CONTROL AUTOMOBILE PISTON PRODUCTION PROCESS

MR. ARRAK YABSOONGNIRN

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineer

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002
ISBN 974-171-581-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์เทคนิคเอสพีซีเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตลูกสูบรถยนต์
โดย	นาย อารักษ์ แยบสูงเนิน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญ บุญดีสกุลโชค)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์. ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์

อารักษ์ แยบสูงเนิน : การประยุกต์เทคนิคเอสพีซีเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตลูกสูบรถยนต์. (APPLICATION OF SPC TECHNIQUE TO CONTROL AUTOMOBILE PISTON PRODUCTION PROCESS) อาจารย์ที่ปรึกษา: รศ. ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย, 317หน้า. ISBN 974-171-581-1

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่นำเทคนิค SPC ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตลูกสูบ เพื่อเพิ่มดัชนีค่าความสามารถของเครื่องจักร (C_p) และกระบวนการ (C_{pk}) และลดความผันแปรในกระบวนทำให้สามารถควบคุมปริมาณของเสียได้ อีกทั้งนำเทคนิค MSA มาวิเคราะห์ความผันแปรในระบบการวัด โดยเน้นศึกษาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) เพื่อกำจัดปัจจัยความผันแปรด้านระบบการวัดที่อาจมีผลทำให้ค่าดัชนี C_p และ C_{pk} ต่ำกว่ามาตรฐาน 1.33

โดยดัชนีวัดผลการปรับปรุง คือ 1) ระบบการวัดโดย % Bias และ GR&R 2) กระบวนการโดยดัชนี C_p และ C_{pk} 3) กระบวนการโดยปริมาณของเสีย

หลังจากการปรับปรุงระบบการวัด และกระบวนการผลิตลูกสูบ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ค่าเฉลี่ยความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) ลดลงจาก 37.84% เป็น 11.50% คิดเป็นร้อยละ 69.61
2) ค่าเฉลี่ยความผันแปรด้านกว้าง (GR&R) ลดลงจาก 43.17% เป็น 12.86% คิดเป็นร้อยละ 70.22%
3) ค่าเฉลี่ยดัชนี C_p เพิ่มขึ้นจาก 1.12 เป็น 1.92 หลังจากใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ คิดเป็นร้อยละ 71.12%
4) ค่าเฉลี่ยดัชนี C_{pk} เพิ่มขึ้นจาก 1.04 เป็น 1.87 หลังจากใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ คิดเป็นร้อยละ 79.27%
5) ค่าเฉลี่ยของเสียลดลงจาก 0.28% เป็น 0.14% คิดเป็น 50%

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2545 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

AN ABSTRACT

427-15056-21:MAJOR INDUSTRAIL ENGINEER

KEY WORD: QUALITY CONTROL

MR.ARRAK YABSOONGNIRN: APPLICATION OF SPC TECHNIQUE TO CONTROL AUTOMOBILE PISTON PRODUCTION PROCESS THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. DAMRONG THAWEESANGSAKULTHAI, 317 pp. ISBN 974-171-581-1

The objective of this analytical is to apply SPC technique for controlling vehicle piston production processes, In order to increasing machine capability (Cp), process capability and reducing process variation, which able to be controlled defective in the production process and also to utilize of MSA techniques to analysis variation in measurement system, which was focused on studying variation of location (Bias) and spread (GR&R) to eliminate variation of measurement system factors that might be decreased value of C_p & C_{pk} indexes lower than standardization, 1.33.

Indexes to measure results of improvement activities as following. 1) Bias & GR&R % of measurement system. 2) C_p & C_{pk} of process 3) Defective quantity.

Summary results after improvement activities were implemented for both measurement system and production process are as following:

1) Average of Location variation (Bias) was reduced from 37.84% to be 11.50% as equal 69.61 % improvement.
2) Average of Spread variation (GR&R) was reduced from 43.17% to be 12.86% as equal 70.22% improvement.
3) Average of C_p index was increased from 1.12 to be 1.92 after implemented $\overline{X} - R$ chart in the process as equal 71.12% improvement.
4) Average of C_{pk} index was increased from 1.04 to be 1.87 after implemented $\overline{X} - R$ chart in the process as equal 71.12% improvement.
5) Defective percentage was reduced from 0.28% to be 0.14% as equal 50% improvement.

Department Engineering. Student's.....

Field of study Industrial Engineer Advisor's.. .....

Academic year 2002. Co-Advisor's.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงได้เพราะได้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งให้กำลังใจในการทำงานจากท่านรองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยต้องขอบพระคุณเจ้าของบริษัทและบุคลากรในบริษัทตัวอย่าง ซึ่งได้แก่คุณ ถาวร เสรีวัฒนา คุณเอนก อนันตะสินกุล คุณนิเวศน์ แต้มเทียม ที่ได้อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าไปดำเนินการทดลองเก็บข้อมูลต่างๆ รวมทั้งจัดหาพนักงานของบริษัทเพื่ออำนวยความสะดวกให้ระหว่างที่เข้าไปที่โรงงานเพื่อดำเนินงานวิจัย เป็นผลทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่องจนบรรลุผลสำเร็จ

แรงบันดาลใจที่ทำให้ผู้วิจัยมีกำลังใจดำเนินงานวิจัยนี้จนประสบความสำเร็จ คือ บุญคุณของบุพการีผู้ให้กำเนิดได้แก่ คุณแม่สุภาพ และ คุณพ่อสุวรรณ แยบสูงเนิน ซึ่งผู้วิจัยปรารถนาอย่างให้ท่านทั้งสองมีความสุขตลอดไป ผู้วิจัยขอกราบแทบเท้าทั้งสองที่ทำให้ผู้วิจัยได้เกิดมาเลี้ยงดูส่งเสียให้ได้มีโอกาสศึกษาร่ำเรียนจนมีความรู้เป็นสมบัติอันประเสริฐติดตัวมา สามารถนำไปประกอบอาชีพสร้างครอบครัวที่มีความสุขจนประสบความสำเร็จในชีวิต กำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ผู้วิจัยได้รับเสมอมาระหว่างดำเนินงานวิจัย คือ กำลังใจจากภรรยาคู่ชีวิต คือคุณปรางทอง แยบสูงเนิน ซึ่งผู้วิจัยซาบซึ้งเป็นอย่างมาก

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยปรารถนาที่จะให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นแนวทางให้ผู้ที่นำไปอ่านได้เกิดแนวคิดที่จะนำไปปรับปรุงพัฒนาในองค์กรของท่านเหล่านั้น รวมทั้งเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะนำไปเป็นแนวทางในการวิจัยอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติสืบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญภาพ..... ช

สารบัญตาราง..... ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของแนวทางงานวิจัย..... 1

1.2 ปัญหาและเหตุผลสำหรับงานวิจัย..... 1

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 4

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย..... 4

1.5 ขั้นตอนการวิจัย..... 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

1.7 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....6

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวของและการสำรวจงานวิจัย

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวของงานวิจัย.....8

2.2 **สถิติสำหรับงานวิศวกรรม**.....8

2.2.1 สถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน.....8

2.2.2 การนิยามประชากร.....9

2.2.3 การรวบรวมข้อมูล.....11

2.2.4 ค่าพารามิเตอร์ และค่าสถิติ.....11

2.2.5 การวิเคราะห์ค่าการกระจายของข้อมูล.....11

2.2.6 การวิเคราะห์แนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล.....14

2.2.7 ตัวแปรสุ่ม.....16

2.2.8 ฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น.....17

2.2.9 คุณสมบัติฟังก์ชั่นความหนาแน่นของความน่าจะเป็น.....18

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

2.210 เส้นโค้งแบบปกติ.....18

2.2.11 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ.....20

2.2.12 ตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน.....20

2.3 การผันแปรในระบบการวัด.....24

2.3.1 การวัด.....24

2.3.2 ค่าจริง.....24

2.3.3 ระบบการวัด.....24

2.3.4 ความคลาดเคลื่อนของค่าวัด.....25

2.3.5 การประมาณค่าความผันแปรจากค่าวัด.....26

2.3.6 วิธีการประเมินค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบการวัด.....28

2.3.7 ค่าไบอัส.....32

2.3.8 ความแม่นยำ.....33

2.3. 9 ความสามารถในการทำซ้ำ.....33

2.3.10 ความสามารถในการทำเหมือน.....34

2.3.11 ความสามารถในการทำซ้ำและทำเหมือนของอุปกรณ์วัด.....34

2.3.12 การประมาณค่า GR&R โดยวิธี X – R.....35

2.3.13 การประเมินผลอัตราส่วน R&R.....36

2.3.14 เกณฑ์ในการยอมรับอัตราส่วน R&R.....36

2.3.15 ผลกระทบของอัตราส่วน GR&R (P/T) ต่อดัชนี Cp.....36

2.4 การควบคุมกระบวนโดยวิธีการทางสถิติ.....37

2.4.1 แผนภูมิควบคุม.....38

2.4.2 การใช้งานแผนภูมิควบคุม.....39

2.4.3 การสร้าง และวิธีการอ่านแผนภูมิควบคุมเฉลี่ยและพิสัย (X-R).....41

2.3.4.1 การสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย.....41

2.3.4.2 แผนภูมิควบคุมคุณภาพเพื่อควบคุมการกระจาย.....43

2.3.4 วิธีอ่านแผนภูมิควบคุม.....44

2.4.5 ดัชนีแสดงความสามารถ.....47

2.4.6 การคำนวณความสามารถของกระบวนการ.....41

2.5 การสำรวจงานวิจัย.....53

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

บทที่ 3 รายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัย

3.3 ข้อมูลเกี่ยวกับโรงงาน.....57

3.1.1 โครงสร้างองค์กร.....57

3.1.2 ลักษณะของลูกสูบ.....59

3.1.3 ประเภทของลูกสูบ.....59

3.1.4 กระบวนการผลิต.....60

3.2 การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นและการปรับปรุง.....64

3.3 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย..... 73

3.3.1 รายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์ และการปรับปรุง ระบบการวัด.....74

3.3.2 ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปลูกสูบโดยใช้ เทคนิค SPC..... 88

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ความคิดเห็น.....94

3.4.1 ระบบการวัด..... 94

3.4.2 ความสามารถของเครื่องจักร และกระบวนการ (Cp และ Cpk)...95

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และการแก้ไขปรับปรุง

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัด.....100

4.1.1 สรุปผลวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias) และการแก้ไขปรับปรุง.....102

4.1.1.1 ปัญหาหลัก..... 102

4.1.1.2 วิธีการปัจจุบัน.....102

4.1.1.3 ผลกระทบจากวิธีการปัจจุบัน.....105

4.1.1.4 แนวทางแก้ไข.....107

4.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดความผันแปร ด้านกว้าง (GR&R) 118

4.1.2.1 วิธีการในปัจจุบัน..... ..119

4.1.2.2 ผลกระทบของวิธีการปัจจุบัน.....119

4.1.2.3แนวทางการแก้ไข.....120

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลระบบการวัดหลังการปรับปรุง.....121

4.2 การวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องจักร และกระบวนการ (Cp และ Cpk) และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง 128

4.2.1 การวิเคราะห์.....128

4.2.2 ปัญหาหลัก.....132

4.2.3 วิธีการปัจจุบัน.....132

4.2.4 ผลกระบทที่อาจจะเกิดขึ้นจากวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ของกระบวนการ 140

4.2.5 แนวทางการแก้ไขปรับปรุง และการนำไปปฏิบัติใช้.....143

4.3 บทสรุปแนวทางการแก้ไขปรับปรุง.....151

4.4 การเก็บข้อมูลจากกระบวนการที่ปรับปรุงแล้ว และการประเมินค่าดัชนี C_p และ C_{pk} 153

บทที่ 5 การนำแผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$ ไปปฏิบัติใช้และการวิเคราะห์ผล

5.1 การอบรมความรู้พื้นฐานการใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$.....166

5.2 การนำแผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$ไปปฏิบัติใช้ในกระบวนการผลิต.....167

5.3 การรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการผลิตหลังจากนำแผนภูมิ $\overline{X}-R$ไปปฏิบัติใช้ 174

5.4 สรุปผลการปรับปรุงกระบวนการผลิต.....174

บทที่ 6 สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัยก่อนและหลังการปรับปรุง.....181

6.2 ข้อสรุปสำหรับงานวิจัย.....183

6.3 ข้อจำกัดในการวิจัย.....184

6.4ข้อเสนอแนะในงานวิจัย.....185

6.5 ข้อวิจารณ์.....189

รายการอ้างอิง.....191

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

ภาคผนวก ก ค่าแฟกซ์เตอร์สำหรับการคำนวณตัวสถิติต่างๆ.....192

ภาคผนวก ข ข้อมูลศึกษาค่า Bias, GR&R, Cp และ Cpk ก่อนการปรับปรุง..... 203

ภาคผนวก ค ข้อมูลศึกษาค่า Bias, GR&R, Cp และ Cpk หลังการปรับปรุง..... 239

ภาคผนวก ง มาตรฐานการปฏิบัติ และคู่มือฝึกอบรมเทคนิค SPC ขั้นพื้นฐาน... 270

ภาคผนวก จ ข้อมูลการควบคุมกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง.....282

ภาคผนวก ฉ บันทึกแผนภูมิ X-R บันทึกการเปลี่ยนมีดกลึงและ..... 292
บันทึกการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ

ประวัติผู้เขียน..... 317

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้าที่

2.1 แสดงวิธีการสำหรับสถิติเชิงพรรณนา..... 8
2.2 แสดงวิธีการสำหรับสถิติเชิงอนุมาน.....9
2.3 แสดงประชากรในเชิงบริหาร..... 9
2.4 แสดงประชากรในเชิงสถิติ..... 10
2.5 แสดงลักษณะความเบี่ยงเบนจากสาเหตุธรรมชาติของประชากร..... 10
2.6 แสดงแนวคิดของการคิดค่าเบี่ยงเบน.....12
2.7 ความสัมพันธ์ตัวแปรสุ่มกับแซมเปิลสเปซ..... 17
2.8 กราฟแสดงการกระจายความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง.....18
2.9 การฟอร์มรูปเส้นโค้งแบบปกติมาตรฐาน.....19
2.10กราฟแสดงเส้นโค้งแบบปกติทั้งแกน X และ Z.....19
2.11การแปลงตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐาน 21
2.12เปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้โค้ง..... 23
2.13สัดส่วนความน่าจะเป็นใต้โค้งความน่าจะเป็น..... 24
2.14(ก) สาเหตุธรรมชาติ..... 25
2.14 (ข) สาเหตุความผิดพลาดอันเนื่องมาจากปัจจัยภายนอก..... 27
2.15ความผันแปรรอบค่าจริง..... 27
2.16ความหมายของคุณสมบัติด้านไบอัสของระบบการวัด.....32
2.17แสดงลักษณะความผันแปรจากคุณสมบัติความแม่นยำ.....33
2.18แสดงลักษณะความผันแปรแบบรีพีททะบิลิตี้..... 33
2.19แสดงลักษณะความผันแปรแบบรีโปรดิวซิบิลิตี้..... 34
2.20แสดงความผันแปรจากรีพีททะบิลิตี้ และรีโปรดิวซิลิตี้.....35
2.21แสดงความสัมพันธ์ของ C_p ที่เป็นจริงกับ C_p ที่คำนวณได้ภายใต้ค่า P/T.....37
2.22ความแปรปรวนจากสาเหตุธรรมชาติ และสาเหตุพิเศษ..... 38
2.23แสดงลักษณะเส้นควบคุม 3 ประะเภท..... 39
2.24แผนภูมิควบคุมคุณภาพเฉลี่ย ($\overline{X}$)..... 41
2.25 แผนภูมิควบคุมคุณภาพเฉลี่ย $(\overline{x})$เมื่อประมาณ $\sigma_{\bar{x}}$ จาก $\overline{S}$ 42
2.26 แผนภูมิควบคุมคุณภาพเฉลี่ย $(\overline{x})$เมื่อประมาณ $\sigma_{\bar{x}}$ จาก $\overline{R}$ 42

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้าที่

2.27 แผนภูมิควบคุมคุณภาพเฉลี่ย $(\bar{x})$เมื่อทราบค่า σ.....43
2.28แผนภูมิควบคุมการกระจาย R..... 44
2.29แผนภูมิควบคุมแสดงจุดอยู่ภายนอกแผนควบคุม..... 45
2.30แผนภูมิควบคุมแสดงการเกิด Run..... 45
2.31แผนภูมิควบคุมแสดงการเกิดแนวโน้ม..... 46
2.32แผนภูมิควบคุมแสดงการเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม..... 46
2.33แผนภูมิควบคุมแสดงการเกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง..... 47
2.34แสดงแนวความคิดของการวัดการกระจายด้านดัชนี C_p..... 48
2.35แสดงเปรียบเทียบ C_p และ C_{pk}..... 49
2.36แสดงความผันแปรของกระบวนการกับค่าอนุโลม..... 50
2.37แสดงการคำนวณความสามารถและการปรับค่าเฉลี่ยของกระบวน. 53
3.1 ผังองค์กรโรงงานตัวอย่าง..... 58
3.2 ลักษณะทั่วไปของลูกสูบ..... 59
3.3 แผนภูมิการไหลกระบวนการผลิตลูกสูบ..... 62
3.4 แผนภูมิการไหลกระบวนการตัดขึ้นรูป..... 63
3.5 แสดงเครื่องจักรในกระบวนการกลึงละเอียด..... 69
3.6 แสดงอุปกรณ์การวัดและวิธีการวัดขนาดลูกสูบ..... 70
3.7 (ก) แสดงรุ่นของลูกสูบ..... 71
3.7 (ข) แสดงรุ่นของลูกสูบ..... 72
3.8 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัด..... 80
3.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์และปรับปรุงความสามารถเครื่องจักรและกระบวนการ..... 81
3.10แสดงปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการกลึงขึ้นรูป..... 82
3.11แสดงเปอร์เซ็นต์ปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการกลึงขึ้นรูป..... 83
3.12แสดงแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล GR&R..... 88
3.13แสดงแบบฟอร์มการตรวจสอบขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน"..... 93
4.1 แผนภูมิก้างปลาวิเคราะห์ปัญหาความผันแปรด้านตำแหน่ง (Bias)..... 104
4.2 เครื่อง CMM 107

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้าที่

4.3 มาตรฐานการประกอบเกจบล็อก..... 109
4.4แท่นวัด.....110
4.5 เกจบล็อก..... 110
4.6 Dial gage ความละเอียด 1/1000 มิลลิเมตร..... 112
4.7 Dial gage ความละเอียด 5/10000 มิลลิเมตร..... 112
4.8 มาตรฐานการปรับตั้งอุปกรณ์การวัด..... 113
4.9 วิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนการปรับปรุง..... 114
4.10วิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดหลังการปรับปรุง..... 114
4.11อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิในห้องสอบเทียบ..... 115
4.12ใบตรวจสอบอุณหภูมิในห้องสอบเทียบ..... 116
4.13แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัญหาความผันแปรด้านกว้าง (GR&R).....117
4.14มาตรฐานการวัดลูกสูบ..... 121
4.15ขั้นตอนการปรับปรุงระบบการวัด..... 123
4.16ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการกลึงย่อย "ขั้นตอนการกลึงละเอียด".....129
4.17แผนการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มค่า C_p และ C_{pk}..... 130
4.18แผนภูมิก้างปลาการวิเคราะห์ปัญหาค่า C_p และ C_{pk} 131
4.19เครื่องตรวจส่วนผสมเคมี Specto meter..... 134
4.20ตัวอย่างผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของลูกสูบหล่อ..... 135
4.21เครื่องตรวจสอบความแข็งลูกสูบหล่อ..... 137
4.22ตัวอย่างผลการตรวจขนาดต่างๆ ของลูกสูบหล่อ..... 138
4.23ตัวอย่างผลการตรวจขนาดต่างๆ ของลูกสูบหล่อ..... 139
4.24เครื่องวัดความเข้มข้นน้ำมันหล่อเย็น..... 140
4.25รายชื่อผู้เข้าฝึกอบรมเทคนิค SPC ขั้นพื้นฐาน..... 145
4.26แบบฟอร์มแผนภูมิ $\overline{X} - R$..... 146
4.27แบบฟอร์มใบบันทึกการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ..... 147
4.28(ก) มาตรฐานการปรับตั้งเครื่องกลึง..... 148
4.28 (ข) มาตรฐานการปรับตั้งเครื่องกลึง..... 149

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้าที่

4.29(ก) มาตรฐานการตรวจมีดกลึง..... 154
4.29 (ข) ตัวอย่างแบบฟอร์มใบตรวจสอบมีดกลึง..... 155
4.29 (ค) ตัวอย่างแบบฟอร์มใบเปลี่ยนมีดกลึง..... 156
4.30 (ก) มาตรฐานการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็น..... 157
4.30 (ข) มาตรฐานการวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อเย็น..... 158
4.31ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นลูกสูบรุ่น 2L..... 159
4.32ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นลูกสูบรุ่น 5L..... 160
4.33ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นลูกสูบรุ่น 122F..... 161
4.34ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นลูกสูบรุ่น 3ZZ..... 162
4.35ผลการคำนวณแผนภูมิ $\overline{X} - R$ เบื้องต้นลูกสูบรุ่น 508T..... 163
5.1 แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของลูกสูบรุ่น 2L..... 169
5.2 แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของลูกสูบรุ่น 5L..... 170
5.3 แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของลูกสูบรุ่น 122F..... 171
5.4 แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของลูกสูบรุ่น 3ZZ..... 172
5.5 แบบฟอร์มแผนภูมิควบคุม $\overline{X} - R$ ของลูกสูบรุ่น 508T..... 173
5.6 กราฟเปรียบจำนวนของเสียเฉลี่ยปี 2545 และ 2546..... 178
5.7 กราฟเปรียบค่าเฉลี่ย PPM ปี 2545 และ 2546..... 178
5.8 ปริมาณการผลิตก่อนการปรับปรุง..... 179
5.9 ปริมาณการผลิตหลังการปรับปรุง..... 179

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

2.1 สัญลักษณ์ค่าสถิติและพารามิเตอร์..... 11

2.2 เปรียบเทียบตัววัดแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง..... 16

2.3 แสดงขอบเขตของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติ..... 23

2.4 ตัวอย่างการคำนวณผลรวมกำลังสองของความเบี่ยงเบน.....28

2.5 ตัวอย่างการประเมินความผันแปรโดยรวม..... 29

2.6 ตัวอย่างการประเมินความผันแปรระหว่างกลุ่มย่อย..... 29

2.7 ตัวอย่างการประเมินความผันแปรภายในกลุ่มย่อย.....30

2.8 ตัวประมาณค่าสำหรับความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบการวัด.....31

2.9 สูตรการคำนวณเส้นควบคุมแผนภูมิ $\overline{X}-R$.....36

2.10แสดงขอบเขตเพื่อการยอมรับของแผนภูมิควบคุมคุณภาพเฉลี่ย (X)..... 41

3.1 ข้อมูลเกี่ยวกับบุคคล..... 65

3.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์.....66

3.3 ข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องจักร.....67

3.4 ข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์การวัด..... 68

3.5 (ก) ของเสียในกระบวน "การกลึงละเอียด"..... 76

3.5 (ข) ของเสียในกระบวน "การกลึงละเอียด" (ต่อ).....77

3.5 (ค) ของเสียในกระบวน "การกลึงละเอียด" (ต่อ)..... 78

3.5 (ง) ของเสียในกระบวน "การกลึงละเอียด" (ต่อ)..... 79

3.6 แสดงลักษณะการใช้งานแผนภูมิควบคุม..... 89

3.7 ความถี่ในการเก็บข้อมูล..... 91

3.8 ผลการศึกษาระบบการวัดในปัจจุบันก่อนการปรับปรุง..... 97

3.9 ผลการศึกษาค่า Cp และ Cpk ในปัจจุบันก่อนการปรับปรุง..... 98

3.10แสดงค่า Cp/Cpk ที่แท้จริงจากค่า Cp/Cpk และค่า GR&R ก่อนปรับปรุง.....99

4.1 สรุปผลการศึกษาระบบการวัด ณ ขั้นตอนการกลึงละเอียด..... 100

4.2 สรุปวิธีการควบคุมปัจจัยที่มีผลกระทบกับความผันแปรในระบบการวัดปัจจุบัน 103

4.3 สรุปวิธีการควบคุมปัจจัยต่างๆ ในปัจจุบันและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น.....106

4.4 ค่ามาตรฐานเกจบล็อคสำหรับใช้ปรับตั้งเครื่องวัดขนาด..... 108

4.4 (ก) เปรียบเทียบวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์วัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ก่อนและหลังการปรับปรุง.....112

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้าที่**

4.5 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ AV และ EV.....118
4.6 เปรียบเทียบวิธีการปรับตั้งอุปกรณ์การวัดก่อนและหลังการปรับปรุง.....119
4.7 เปรียบเทียบวิธีการวัดขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ก่อนและ
หลังการปรับปรุง.....120
4.8 ผลการคำนวณค่า Bias และ GR&R หลังการปรับปรุง..... 125
4.9 เปอร์เซ็นต์ที่ลดลงของค่า Bias และ GR&R หลังการปรับปรุง.....126
4.10แสดงค่า Cp / Cpk ที่แท้จริงโดยประมาณจากค่า Cp/Cpk
ที่ได้ก่อนการปรับปรุงกับค่า GR&R หลังการปรับปรุง.....127
4.11ค่า Cp และ Cpk ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ.....128
4.12ตัวอย่างการปรับตั้งค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน..... 133
4.13ส่วนผสมทางเคมีของลูกสูบ..... 134
4.14มาตรฐานค่าความแข็งของลูกสูบ.....135
4.15ตัวอย่างค่าขนาด "เส้นผ่าศูนย์กลางมาตรฐาน" ที่แตกต่างๆ กันของพนักงาน....141
4.16การเปรียบเทียบการปรับตั้งเครื่องกลึงก่อนและหลังการปรับปรุง.....150
4.17สรุปแนวทางแก้ไขในกระบวนการ "กลึงละเอียด".....152
4.18ผลการคำนวณค่าสถิติหลังจากการปรับปรุงกระบวนการ "กลึงละเอียด"..... 153
4.19เปรียบเทียบค่า Cp, Cpk ก่อนการปรับปรุง.....164
5.1 ค่าดัชนี Cp, Cpk และเส้นควบคุมของแผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$.....167
5.2 เปรียบเทียบค่า Cp และ Cpk ก่อนใช้และหลังใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$.....174
5.3 ค่าดัชนี Cp และ Cpk ก่อนและหลังการนำแผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$.....175
5.4 เปรียบเทียบยอดของเสียและค่า PPM ก่อนและหลังใช้
แผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$.....178
5.5 เปรียบเทียบยอดปริมาณผลิต ก่อนและหลังใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}-R$.....179
5.6 สรุปมาตรฐานการควบคุมกระบวนการวัดและกระบวน
การกลึงขึ้นรูปขั้นตอน"การกลึงละเอียด" 180
6.1 เปรียบเทียบค่า Bias และ GR&R ก่อนและหลังการปรับปรุง.....181
6.2 เปรียบเทียบค่า Cp และ Cpk ของเสียและค่า PPM ก่อนและหลังการปรังปรุง..182