



247885

การออกแบบการทดลองการเปลี่ยนขนาดของกลาสซ์สเตอร์ท
จากกระบวนการชุบแข็ง

ปิยะ เนยคำ

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พฤษภาคม 2555

600252577

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



247885

**การออกแบบการทดลองการเปลี่ยนขนาดของกลาสซ์สเตอร์ท
จากกระบวนการชุบแข็ง**

ปิยะ เนยคำ

**การค้นคว้าแบบอิสระนี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม**



**บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
พฤษภาคม 2555**

การออกแบบการทดลองการเปลี่ยนขนาดของกลาสซ์สเตอร์ท
จากกระบวนการชุบแข็ง

ปิยะ เนยคำ

การค้นคว้าแบบอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าแบบอิสระ


.....ประธานกรรมการ

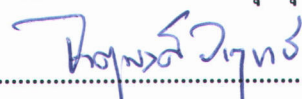
รศ.ดร. วิชัย ฉัตรทินวัฒน์


.....กรรมการ

อ.ดร. วสวัชร นาคเจียว


.....กรรมการ

ผศ.ดร. อรรถพล สมุทรคุปต์


.....กรรมการ

ผศ.ดร. จาตุพงศ์ วาฤทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ


.....

อ.ดร. วสวัชร นาคเจียว

14 พฤษภาคม 2555

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าแบบอิสระนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของ อ.ดร. วสวัชร นาคเขียว อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ รศ. ดร.วิชัย ฉัตรทินวัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้เสียสละเวลาในการให้ความรู้ คำแนะนำ และคำปรึกษาที่มีประโยชน์ต่อการศึกษา อีกทั้งให้ความช่วยเหลือและให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านอย่างดียิ่ง รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษา คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ทั้งนี้ผู้เขียนมิสามารถประสบความสำเร็จจากการศึกษาและทำงานวิจัยครั้งนี้ได้ ถ้าไม่ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากทางบริษัท โสยากลาสติสค์ประเทศไทย จำกัด ที่ได้อนุมัติให้ผู้เขียนจัดเก็บข้อมูลและใช้ข้อมูลเพื่อเขียนการค้นคว้าแบบอิสระ ตลอดจนเพื่อนร่วมงาน ผู้ได้บังคับบัญชา ครอบครัว ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจสำคัญในการทำการค้นคว้าอิสระครั้งนี้

สุดท้ายนี้หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูง และหวังว่าการค้นคว้าแบบอิสระนี้คงมีประโยชน์บ้างไม่มากนักน้อยสำหรับผู้สนใจนำข้อมูลต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์ทั้งทางวิชาการและเชิงปฏิบัติต่อไป

ปิยะ เนยคำ

ชื่อเรื่องการค้นคว้าแบบอิสระ	การออกแบบการทดลองการเปลี่ยนขนาดของกลาส ชั้นสเตรทจากระบวนการชุบแข็ง
ผู้เขียน	นายปิยะ เนยคำ
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการอุตสาหกรรม)
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ	อ. ดร.วสวัชร นาคเขียว

บทคัดย่อ

247885

ในปัจจุบันการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ถูกผลักดันให้ลดราคาสินค้าลง เนื่องจากการเข้ามาของแผ่นเก็บข้อมูลแบบโซลิตสเตรทไดรฟ์ อย่างไรก็ตามฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เองก็ยังมีจุดแข็งในเรื่องความคงทนและราคาที่ต่ำกว่า ทั้งนี้การลดราคาการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ต้องทำการลดราคาต่อหน่วยของชิ้นส่วนต่าง ๆ ตลอดโซ่อุปทาน รวมถึงกลาสชั้นสเตรทและอะลูมิเนียมชั้นสเตรทซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ หนึ่งในวิธีการลดต้นทุนในการผลิตกลาสชั้นสเตรท คือการลดปริมาณงานเสีย ซึ่งงานเสียส่วนใหญ่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่ได้ตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด โดยมีสัดส่วนของเสียอยู่ที่ 0.5X

กระบวนการที่มีสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ คือ กระบวนการเจาะรู กระบวนการขัดขอบ และกระบวนการชุบแข็ง ซึ่งในที่นี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ของกระบวนการชุบแข็งประกอบด้วยอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมต่อการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง จากนั้นนำมาสร้างสมการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงโดยใช้สมการถดถอยแบบพหุจากการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูป 2^4 ปัจจัยที่นำมาศึกษามีทั้งหมด 4 ปัจจัยคือ ตัวแปร A ตัวแปร B ตัวแปร C และตัวแปร D

จากการศึกษาพบว่าตัวแปร D และตัวแปร C จะแสดงอิทธิพลหลักต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกลาสชั้นสเตรท โดยตัวแปร B และตัวแปร C จะมีอิทธิพลร่วมที่ชัดเจนกับตัวแปร D

จากการประยุกต์ใช้สมการพยากรณ์ของการเปลี่ยนแปลงขนาดของกลาสซ์สเตอร์ทจาก
กระบวนการชุบแข็ง ผู้วิจัยสามารถปรับความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) จาก 0.96X ให้สูงขึ้น
เป็น 1.56X ได้ และสามารถลดงานเสียที่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ไม่ผ่านมาตรฐานของ
ลูกค้ำจาก 0.5X เหลือน้อยกว่า 0.01X

Independent Study Title	Experimental Design of Size Changing for Glass Substrate from Hardening Process
Author	Mr. Piya Noeikham
Degree	Master of Science (Industrial Management)
Independent Study Advisor	Dr. Wasawat Nakkiew

ABSTRACT

247885

In the current Hard Disk Drive (HDD) market, the manufacturers were forced to drive down the cost due to the emergence of a newcomer product of Solid State Drive (SSD); however, HDD still hold some advantages of higher reliability and a lower price. In order to drive down the cost of manufacturing HDD, all of the supply chain in manufacturing of HDD components were requested to reduce the unit price including glass and aluminum substrate that are the main components of the HDD. In the manufacturing of the glass substrate, reduction of scrap part could be a mean to reduce the unit cost of production. The scrap occurred mainly when the inner diameter size of the glass substrate was deviated the tolerance of the customer requirement. Currently, the scrap ratio of the company in this study is about 0.5X.

The processes that related to the change of the inner diameter size of the glass substrate were the hole making process, the hole polishing process, and the hardening process. In this study, the change of inner diameter size due to the hardening process parameters was studied. Multiple linear regression model of the change of the inner diameter size equation was developed based on the 2^4 Full Factorial technique of the design of experiment (DOE). The four main factors in the hardening process were parameter A, parameter B, parameter C and parameter D.

Results of this studies showed that parameter D and parameter C were the main effects while the interaction effects between parameter B and parameter C with parameter D were also strong. The derived prediction equation of the change of inner diameter in the hardening process was used in practice and the improvement of the capability (C_{pk}) from 0.96X to 1.56X was obtained as well as the scrap ratio was also reduced from 0.5X to less than 0.01X.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	๗
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา	6
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	6
บทที่ 2 กรอบแนวคิดทางทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 การขยายตัวของแก้วจากกระบวนการชุบแข็ง	8
2.2 การออกแบบการทดลอง	10
2.3 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing)	11
2.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis)	13
2.5 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุ (Multiple Linear Regression Analysis)	16

2.6 การออกแบบการทดลองแฟคทอเรียล (Factorial Experiment)	17
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัยและแผนดำเนินงานค้นคว้า	27
3.1 คัดเลือกปัจจัยของกระบวนการชุบ	28
3.2 ออกแบบการทดลองแบบแฟคตอเรียลเต็มรูปแบบ 2^4	29
3.3 ทำการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนดแบบสุ่ม	31
3.4 ตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยหลัก และอันตรกิริยาของแต่ละปัจจัยร่วม	32
3.5 วิเคราะห์ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองแบบแฟคตอเรียล	32
3.6 ตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรหลักแต่ละตัว และอันตรกิริยาของแต่ละปัจจัยร่วม	33
3.7 สร้างสมการถดถอยท้ายสุดแบบหลายตัวแปร (Final Multiple Regression Model)	33
3.8 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของซัทสเตรทจากสมการถดถอย	34
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล	35
4.1 คัดเลือกปัจจัยของกระบวนการชุบ	35
4.2 ออกแบบการทดลองแบบแฟคตอเรียลเต็มรูปแบบ 2^4	42
4.3 ทำการทดลองตามเงื่อนไขที่กำหนดแบบสุ่ม	44
4.4 ตรวจสอบอิทธิพลของปัจจัยหลัก และอันตรกิริยาของแต่ละปัจจัยร่วม	45

4.5 วิเคราะห์ผลการทดลองจากการออกแบบการทดลองแบบแฟคตอเรียล	48
4.6 ตรวจสอบอิทธิพลของตัวแปรหลักแต่ละตัว และอันตรกิริยาของ แต่ละปัจจัยร่วม	49
4.7 สร้างสมการถดถอยท้ายสุดแบบหลายตัวแปร (Final Multiple Regression Model)	61
4.8 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้อศอก จากสมการถดถอย	67
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	76
5.1 สรุปผลการคัดเลือกปัจจัยการชุบ	76
5.2 สรุปและวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองแบบเต็มรูป 2^4	76
5.3 สมการพยากรณ์ที่ได้จากการทดลอง	77
5.4 สรุปปริมาณการขยายตัวเส้นผ่านศูนย์กลางตลอดช่วงอายุการใช้งาน	78
5.5 สรุปผลจากการประยุกต์ใช้ในการกระบวนการ	78
5.6 อุปสรรคและข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก	82
ประวัติผู้เขียน	87

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 สัดส่วนของสารประกอบที่อยู่ในแก้วแบบรีดอกแวร์	19
2.2 ค่าเฉลี่ยของสารประกอบที่ใช้ผลิตแก้ว	19
2.3 สรุปความหนาของชั้นผิวที่เวลาการแลกเปลี่ยนต่าง ๆ	23
3.1 แสดงเงื่อนไขทั้งหมดในการทดลองแบบแฟคตอเรียลเต็มรูป 2^4 แบบสุ่ม	30
4.1 แสดงเงื่อนไขทั้งหมดในการทดลองแบบแฟคตอเรียลเต็มรูป 2^4 แบบสุ่ม	43
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลางข้อต่อจากแต่ละ เงื่อนไขการทดลอง	45
4.3 ค่าปรับตั้งจริงของแต่ละปัจจัย	64
4.4 แสดงผลการประมาณการขยายตัวของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จากการ ทดลองจริง (หน่วยเป็น มิลลิเมตร)	64
4.5 ค่าปรับตั้งแต่ละปัจจัยตลอดช่วงอายุการใช้งาน	68
4.6 ปริมาณการเปลี่ยนแปลงขนาดของข้อต่อที่ค่าต่ำสุดและสูงสุด ของตัวแปร D	70

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 อัตราการเพิ่มขึ้นของขนาดความจุ	1
1.2 การบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์แบบ LMR vs PMR	2
1.3 ความหนาแน่นของข้อมูลต่อพื้นที่	2
1.4 กราฟแสดงราคาของฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ที่ลดลง	3
1.5 กราฟแสดงอัตราส่วนงานเสียจากเส้นผ่านศูนย์กลาง	4
1.6 แผนภาพแสดงวิธีการปรับปรุงกระบวนการแบบปกติ	5
1.7 แผนภาพแสดงการปรับปรุงกระบวนการในการวิจัยครั้งนี้	6
2.1 แสดงส่วนผสมของแก้วและสารเคมีในกระบวนการชุบ	9
2.2 แสดงการขยายตัวของกลาสหีบสเตรทจากการแลกเปลี่ยนไอออน ในกระบวนการชุบ	9
2.3 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ	10
2.4 การกระจายของข้อมูลและเส้นกราฟถดถอย	13
2.5 สมการเส้นตรงของการถดถอย	14
2.6 สมการเส้นตรงของการถดถอยเมื่อค่า b มีค่าต่าง ๆ กัน	15
2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักกับการใช้ สารเคมีที่ความร้อนสูง	20

2.8	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงขนาดของแก้วเนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิในการชุบ	20
2.9	การกระจายความเข้มข้นของ Na , Si และ K ณ ความลึกต่าง ๆ ของแก้ว มูลฐาน	21
2.10	การกระจายความเข้มข้นของ Na , Si และ K ณ ความลึกต่าง ๆ ของแก้ว ที่ผ่านการแลกเปลี่ยนไอออน	22
2.11	ความหนาของชั้นของการแลกเปลี่ยนไอออนแปรผันตามเวลา	23
2.12	รูปแบบของความเครียดที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนไอออน	24
2.13	รูปแบบของความเครียดที่ได้จากการถ่ายภาพโพลาไรซ์	24
3.1	ระบบเทียบเคียง เครื่องวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้อวัด	31
3.2	ภาพเทียบเคียง เครื่องวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้อวัด	31
4.1	Residual plot ของการตรวจสอบสมมติฐานว่าตัวแปร C มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงขนาดของกลาสข้อวัดหรือไม่โดยใช้ ANOVA	36
4.2	ผลการตรวจสอบสมมติฐานว่าตัวแปร C มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด ของกลาสข้อวัดหรือไม่โดยใช้ ANOVA	37
4.3	Residual plot ของการตรวจสอบสมมติฐานว่าตัวแปร B มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงขนาดของกลาสข้อวัดหรือไม่โดยใช้ ANOVA	38
4.4	ผลการตรวจสอบสมมติฐานว่าตัวแปร B มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาด ของกลาสข้อวัดหรือไม่โดยใช้ ANOVA	39
4.5	Residual plot ของการตรวจสอบสมมติฐานว่าตัวแปร D มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของกลาสข้อวัดหรือไม่โดยใช้ ANOVA	40

4.6	การตรวจสอบสมมติฐานว่าตัวแปร D มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ขนาดของกลาสซัสสเตรทหรือไม่โดยใช้ ANOVA	41
4.7	ภาพเทียบเคียง เครื่องวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสเตรท	44
4.8	กราฟแสดง Main Effect Plot ค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงขนาดสเตรท	46
4.9	กราฟแสดงอันตรกิริยาร่วมของแต่ละปัจจัย	47
4.10	ระดับอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม	48
4.11	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางสเตรท	49
4.12	แผนภาพพาเรโต แสดงนัยยะของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม	50
4.13	แผนภาพพาเรโต แสดงนัยยะของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม หลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง ABCD ออก	51
4.14	ระดับอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม หลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง ABCD ออก	52
4.15	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางสเตรทหลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง ABCD ออก	52
4.16	แผนภาพพาเรโต แสดงนัยยะของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมหลังจากตัด ปัจจัยร่วมระหว่าง ABD ออก	53
4.17	ระดับอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม หลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง ABD ออก	54
4.18	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางสเตรทหลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง ABD ออก	54

4.19 แผนภาพพาเรโต้ แสดงนัยยะของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมหลัง จากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง BC ออก	55
4.20 ระดับอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม หลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง BC ออก	56
4.21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้อเหวี่ยงหลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง BC ออก	56
4.22 แผนภาพพาเรโต้ แสดงนัยยะของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม หลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง AB ออก	57
4.23 ระดับอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วม หลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง AB ออก	58
4.24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยของการเปลี่ยนแปลงของ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้อเหวี่ยงหลังจากตัดปัจจัยร่วมระหว่าง AB ออก	58
4.25 ระดับมาตรฐานอิทธิพลของแต่ละปัจจัย	60
4.26 ระดับมาตรฐานอิทธิพลสมบูรณ์ของแต่ละปัจจัย	60
4.27 ระดับอิทธิพลและค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมท้ายสุด	61
4.28 ผลของ Respond optimizer ที่จุดกึ่งกลางของแต่ละปัจจัยหลักจากโปรแกรม Minitab	63
4.29 การกระจายข้อมูลแบบปกติของปริมาณการขยายตัวที่ได้จากการทดลองจริง ที่จุดกึ่งกลางของแต่ละปัจจัย	67
4.30 ผลการตรวจสอบสมมติฐานแบบ one sample t	67
4.31 ปริมาณการเปลี่ยนขนาดข้อเหวี่ยงที่ค่าปรับตั้งตัวแปร D ที่ค่าต่ำสุดด้วย respond optimizer	69

4.32 ปริมาณการเปลี่ยนขนาดข้อเสียดรหที่ค่าปรับตั้งตัวแปร D	70
ที่ค่าสูงสุดด้วย respond optimizer	
4.33 ตัวอย่างระบบการติดตามผลขนาดข้อเสียดรหแบบเรียลไทม์	71
4.34 ตัวอย่างระบบการติดตามผลขนาดข้อเสียดรหแบบเรียลไทม์	72
4.35 ตัวอย่างระบบการติดตามผลขนาดข้อเสียดรหแบบเรียลไทม์	72
4.36 เปรียบเทียบระบบการควบคุมแบบดั้งเดิม กับระบบการควบคุมแบบใหม่	73
4.37 ความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ	74
4.38 ความสามารถของกระบวนการ (C_{pk}) ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ	74
4.39 อัตราส่วนงานเสียจากขนาดข้อเสียดรหที่ไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานการส่งออก	75
ก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ	