

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



242485

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการประกอบอาหารมคอซอ
ของการผลิตข้าวคั่วคั่วโคร์

เปรมชัย มุทธดำ

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กุมภาพันธ์ 2554



การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของ
การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เปรมชัย มูลกล้า



วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กุมภาพันธ์ 2554

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของ
การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

เปรมชัย มูลห้ำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

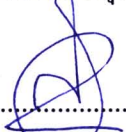


ประธานกรรมการ

ผศ. ดร. อรรถพล สมุทรูปดี



ดร. รุ่งนิตร์ ชมภูอินไหว



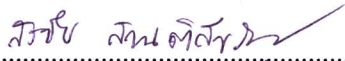
กรรมการ

ผศ. ดร. สรรสุดิชัย ชีวสุทธิศิลป์



กรรมการ

ดร. รุ่งนิตร์ ชมภูอินไหว



กรรมการ

ดร. สุรัชย์ สานติสุขรัตน์

11 กุมภาพันธ์ 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.รุ่งนัคร ชมภูอินไหว ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถพล สมุทรกุลดี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรวิชัย ชิวสุทธีศิลป์ และ ดร.สุรัช สานติสุขรัตน์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณนิवास บุญหมั่น ที่ให้คำแนะนำแนวทางในการเขียนงานวิจัยและให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาดังในการดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณคุณสุภาวดี ไชยชมภูสำหรับกำลังใจและคำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนวิทยานิพนธ์ สุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออุทัยและคุณแม่หนูเหลียน มุลหล้า ที่เป็นกำลังใจให้กับผู้เขียนรวมถึงการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาตลอดมา

เปรมชัย มุลหล้า

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
ผู้เขียน	นายเปรมชัย มูลหล้า
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว

บทคัดย่อ

242485

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เพื่อจำแนกประเด็น หาสาเหตุของปัญหา จัดทำข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดและใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการแก้ไขปัญหา งานวิจัยเริ่มจากรวบรวมข้อมูลการใช้วัตถุดิบพลังงาน สารเคมีและของเสีย จากนั้นนำข้อมูลมาประเมินเบื้องต้นซึ่งประกอบด้วย การประเมินผลกระทบด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม สรุปผลการประเมินเบื้องต้นเพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา โดยมีประเด็นปัญหาจากความสำคัญลำดับแรกไปลำดับสุดท้ายคือ ของเสียอาร์มคอยล์ พลังงานไฟฟ้า กาว วัตถุดิบแท่งโลหะ ผักลีน โปมสแบริบ สารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ วัตถุดิบอาร์มคอยล์ เมื่อนำประเด็นปัญหามาประเมินละเอียด ศึกษาความเป็นไปได้เสนอแนวทางแก้ไขและนำไปปฏิบัติมีผลสรุปดังนี้

การเกิดของเสียอาร์มคอยล์มี 2 ประเภทคือ ประเภทแรกการเกิดของเสียภายในซึ่งกระบวนการผลิตของเสียให้กับชิ้นงาน แก้ไขโดยการหยุดผลิตชั่วคราวให้พนักงานมีส่วนร่วมลดของเสียใช้เทคนิคการควบคุมการมองเห็น เมื่อสัญญาณไฟแจ้งเตือนเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นให้พนักงานปรับปรุงการทำงานนั้น สามารถลดของเสียกาวเปื้อนชิ้นงานจาก 0.41% เป็น 0.025% สามารถลดค่าความเสียหายในได้ 2,193X₁ บาทต่อเดือน ประเภทที่สองคือ การเกิดของเสียนอกกระบวนการซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการอื่นๆ เมื่อรับเอาวัตถุดิบมาใช้ทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเป็นของเสีย การแก้ไขโดยใช้เทคนิคคือซีอาเอส ปรับเปลี่ยนตำแหน่งพนักงานตรวจสอบย้ายมาตรวจสอบอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการ สามารถลดการเกิดของเสีย

หลังประกอบอาร์มคอยล์จาก 0.48 % เป็น 0.15 % อีกทั้งยังทำให้การตรวจหาของเสียง่ายขึ้น สามารถลดค่าความเสียหายในได้ 4,107X, บาทต่อเดือน

การใช้พลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเด็นคือ ประเด็นแรกใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพ แก้ไขโดยเพิ่มความเร็วสายพานจาก 170 เป็น 180 มิลลิเมตรต่อนาที ผลิตผลเฉลี่ยเพิ่มจาก 533 เป็น 557 ชิ้นต่อชั่วโมง โดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพิ่มโอกาสการขายชิ้นงาน คิดเป็นเงิน 5,412X, บาทต่อเดือน ประเด็นที่สอง การขาดอุปกรณ์ช่วยกระบวนการผลิต แก้ไขโดยออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน โดยชั้นล่างใช้อบกาวและชั้นบนใช้ใส่ชิ้นงาน เพิ่มจำนวนชิ้นงานจาก 270 เป็น 300 ชิ้น สามารถปิดเตาอบได้ 1 เตา ประหยัดค่าไฟฟ้า 90,604 บาทต่อเดือน

สุดท้ายการใช้กาวและสารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพคือ ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ การแก้ไขโดยการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^4 จำนวน 2 ชั่วโมง เพื่อกรองปัจจัย 4 ปัจจัย คือ สารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์, กระบวนการรี, ปริมาณกาว, แรงดันลม โดยมีผลตอบเป็นค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ได้แก่ ปัจจัยบี การใช้กระบวนการรี ปัจจัยซี ปริมาณกาว และอันตรกิริยาระหว่างบีซี การใช้กระบวนการรี เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ ซึ่งให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าการไม่ใช้กระบวนการรี การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมพบว่า ปัจจัย ไม่ล้างอาร์มด้วยสารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ การใช้กระบวนการรี ปริมาณกาวเดิมระหว่างอาร์มคอยล์ระดับกลาง ทำให้เมื่อนำไปทดลองใช้ในกระบวนการผลิตได้ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ดีที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ประหยัดค่าใช้จ่ายจากการยกเลิกสารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์คิดเป็นเงิน 186,208 บาทต่อเดือน ลดปริมาณกาวจาก R1 มิลลิกรัม เป็น R2 มิลลิกรัม ประหยัดค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงิน 127,880 บาทต่อเดือน จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีมูลค่าการประหยัดรวมทั้งหมด 404,692 บาทต่อเดือน

Thesis Title	Application of Cleaner Technology in Arm Coil Assembly Process of Hard Disk Drive Manufacturing
Author	Mr. Premchai Moolla
Degree	Master of Engineering (Industrial Engineering)
Thesis Advisor	Dr. Rungchat Chompu-inwai

ABSTRACT

242485

The aim of this research is to apply the Cleaner Technology concepts in the arm coil assembly process of hard disk drive manufacturing as to categorize issues of the problems, to identify causes of problems, to produce a Cleaner Technology proposal and to implement industrial engineering techniques for problem solving. The research began by collecting data on raw material uses, energy, chemicals and defects. A pre-assessment on technical, economic and environmental impacts was, then, conducted; and the results of the significance of the problems were concluded in a descending order as follows: arm coil defect, electricity, epoxy, metal material, clean cloth, foam swap, Isopropyl alcohol substance and arm coil material, respectively. Finally, a further assessment on the significance of the problems, a feasibility of the proposal, a proposal of solution and implementation were carried out, and the results can be summarized as below.

The incidence of Arm coil defects can be divided into two categories. First, the incidence that occurs during the process which, in turn, cause defectiveness to work pieces. This problem was solved by temporary process stoppage through worker involvement, using the visual control technique, which when the light alert switches from green to red, representing an incidence, workers will participate in an improvement, and this activity reduced the instance of epoxy-stained products from 0.41% to 0.025%, thus reduce internal failure cost 2,193X₁ Baht per month. The second incidence occurs outside the process; defects caused by other processes which, when feeding raw materials into the production process, generates further defects. The solution to this problem was to reduce the external defects through rearrangement of worker position, using the ECRS technique, to inspect arms prior to feeding into the process, thus eliminating defects after

arm coil assembly from 0.48% to 0.15%, and also helping to simplify defect detection. The outcome of utilizing this technique was that reduce internal failure cost 4,107X₁ Baht per month were able to be saved.

The use of electricity can also be divided into two issues. The first issue is the insufficient use of the ovens. This problem was solved by changing the conveyor belt speed from 170 to 180 mm per minute, and the result was that the productivity increased from 533 pieces/hour to 557 pieces/hour, without affecting product quality, thus increasing products of 5,412X₁ Baht per month in value. The second issue is a lack of aiding equipment in the production process. The solution to this problem was to design saving energy equipment, in which the lower layer was used for epoxy curing and the upper layer was used for insert part. By doing so, the designed equipment contributed to an increase of the work pieces from 270 pieces to 300 pieces, and allowed one of the ovens to be turned off, thus saving 90,604 Baht per month in electricity.

Finally, utilization of epoxy and isopropyl alcohol substance are related to quality; the arm coil bonding force. A study into a design of engineering experiment, using a 2⁴ factorial design with two replications, was conducted in order to screen four factors, these being: isopropyl alcohol substance, using V process, epoxy quantity and air pressure, with the outcome representing the arm coil bonding force, and the results showed that the significance to the confidence level of 95% are factor B, using V process, factor C, epoxy quantity, and interaction between B and C. The V process is a qualitative variable that provided the bonding force higher than not using V process. The study into an appropriate condition found that the factors, comprising of not cleaning arms with isopropyl alcohol, using V process, and filling epoxy middle level during arm coil assembly, when experimented in the process, produced the best result of the arm coil bonding force without adversely affecting product quality. This resulted in savings in 186,208 Baht per month from the cancellation of isopropyl alcohol use, and in 127,880 Baht per month from the reduction of epoxy from R1 mg to R2 mg. The outcome of the production process improvement was that total costs of 404,692 Baht per month were able to be saved.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ณ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตวิธีวิจัย	3
บทที่ 2 หลักการ ทฤษฎี และการทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 เทคโนโลยีสะอาด	4
2.1.1 ความหมายของเทคโนโลยีสะอาด	4
2.1.2 เทคนิคของเทคโนโลยีสะอาด	5
2.1.3 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด	7
2.2 การบริหารแบบมีส่วนร่วม	16
2.2.1 แนวคิดพื้นฐานของการบริหารแบบมีส่วนร่วม	16
2.2.2 ความหมายของการบริหารแบบมีส่วนร่วม	16
2.3 การควบคุมด้วยการมองเห็น	17
2.3.1 ความหมายของการควบคุมด้วยการมองเห็น	17
2.4 การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยหลักการอีซีอาเอส (ECRS)	19
2.4.1 การขจัดงานที่ไม่จำเป็น (E=Eliminate)	19
2.4.2 การรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานเข้าด้วยกัน (C=Combine)	19
2.4.3 การจัดลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ (R=Rearrange)	19

2.4.4 การทำให้การปฏิบัติงานที่จำเป็นง่ายขึ้น (S=Simplify)	19
2.5 การออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง	19
2.5.1 หลักการ 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง	20
2.5.2 ปัจจัยในกระบวนการผลิต	20
2.5.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล	21
2.5.4 การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง	22
2.6 การทบทวนวรรณกรรม	24
2.6.1 ขั้นตอนการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด	24
2.6.2 การประยุกต์ใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิต	26
2.6.3 เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	27
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	29
3.1 การประเมินเบื้องต้น	29
3.2 การประเมินละเอียด	30
3.3 การศึกษาความเป็นไปได้	31
3.4 การนำเสนอไปปฏิบัติและติดตามผล	31
3.5 การสรุปผลดำเนินงานวิจัย	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล	33
4.1 กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์	33
4.2 ผลการประเมินเบื้องต้น	36
4.2.1 การประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค	37
4.2.2 การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์	39
4.2.3 การประเมินทางด้านสิ่งแวดล้อม	40
4.2.4 สรุปผลการประเมินเบื้องต้น	41
4.3 ผลการประเมินละเอียด	43
4.3.1 สมดุลมวลสารของการประกอบอาร์มคอยล์	43
4.3.2 ของเสียอาร์มคอยล์	44
4.3.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า	46
4.3.4 การสูญเสียการระหว่างกระบวนการผลิต	48

4.3.5 การใช้สารไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ในกระบวนการผลิต	50
4.4 การเลือกบริเวณหรือหน่วยการผลิตที่เกิดการสูญเสีย	50
4.4.1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	50
4.4.2 การลงทุน	51
4.4.3 โอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เห็นได้ชัด	52
4.4.3 ความสนใจ/ความร่วมมือ	52
4.5 การระบุสาเหตุและทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้	53
4.5.1 สาเหตุการเกิดของเสียอาร์มคอยล์	53
4.5.2 สาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ	54
4.5.3 สาเหตุการสูญเสียลาว	55
4.6 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	57
4.7 ผลการประยุกต์ใช้ข้อเสนอและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม	59
4.7.1 การลดของเสียอาร์มคอยล์: หยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสีย	59
4.7.2 การลดของเสียอาร์มคอยล์: ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตด้วยเทคนิคอีซีเอส	64
4.7.3 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า: การเพิ่มความเร็วของสายพาน เตาอบชิ้นงาน	67
4.7.4 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า: ออกแบบอุปกรณ์ช่วยประหยัด พลังงานไฟฟ้า	73
4.7.5 การลดการสูญเสียลาว: การหาปริมาณลาวที่เหมาะสมเต็มระหว่างอาร์มคอยล์ และการลดการใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์ม	75
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	85
5.1 สรุปผลการวิจัย	85
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	88
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัย	89
5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต	90
บรรณานุกรม	91
ภาคผนวก	95

ภาคผนวก ก แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด	96
ภาคผนวก ข ผลการประเมินความเป็นไปได้ ด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม	107
ภาคผนวก ค รายละเอียดอุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า	132
ประวัติผู้เขียน	135

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 เปอร์เซ็นต์ค่าความเสียหายภายในแผนกต่างๆ เดือน พ.ค. 2550 - เม.ย.2551	2
2.1 เกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินความสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น	10
2.2 การจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหาในโรงงานจากข้อมูลตรวจประเมินเบื้องต้น	11
4.1 การประเมินผลกระทบทางด้านเทคนิค	38
4.2 การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์	40
4.3 การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	41
4.4 การประเมินลำดับความสำคัญของปัญหา	42
4.5 ของเสียที่เกิดขึ้น 6 อันดับในกระบวนการผลิตเดือนมีนาคม –เมษายน 2551ก่อนปรับปรุง	45
4.6 การเลือกหน่วยผลิตเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด	53
4.7 การคัดทางเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	57
4.8 การศึกษาความเป็นไปได้ของข้อเสนอทางเทคโนโลยีสะอาด	58
4.9 ตำแหน่งในการตรวจสอบอาร์มคอยล์	65
4.10 ข้อมูลเปรียบเทียบของเสียก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต	67
4.11 การคำนวณความเร็วของสายพานเปรียบกับผลผลิต	69
4.12 ผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิในแต่ละโซน	71
4.13 ปังจัยและค่าที่ใช้ในการทดลอง	76
4.14 ผลการทดลองในแต่ละเงื่อนไขในการออกแบบการทดลอง	76
4.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลต่อผลตอบ	79
4.16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของทุกพจน์	81
4.17 ปริมาณกาวที่เหมาะสมและค่าแรงยึดเหนี่ยว	83
5.1 สาเหตุการสูญเสีย ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด และเทคนิควิศวกรรมอุตสาหกรรมที่ใช้	86
ก.1 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การรวบรวมข้อมูลการผลิต	97
ก.2 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด ข้อมูลกระบวนการผลิต	98
ก.3 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด จัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา	99
ก.4 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การเลือกบริเวณที่จะทำโดยละเอียด	100

ก.5 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้	101
ก.6 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค	102
ก.7 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้เศรษฐศาสตร์	103
ก.8 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม	104
ก.9 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การคัดทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อนำไปปฏิบัติ	105
ก.10 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินผลประหยัดข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	106
ข.1 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต	108
ข.2 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต	109
ข.3 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม การปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิตโดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต	110
ข.4 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค การหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต	111
ข.5 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ การหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต	112
ข.6 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม การหยุดการผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต	113
ข.7 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน	114
ข.8 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน	115
ข.9 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน	116
ข.10 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค อุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า	117
ข.11 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ อุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า	118
ข.12 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้า	119

ข.13 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค การลดการสูญเสียการ โดยการหาปริมาณการที่เหมาะสม เติมระหว่างอาร์มคอยล์	120
ข.14 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ การลดการสูญเสียการ โดยการหาปริมาณการที่เหมาะสม เติมระหว่างอาร์มคอยล์	121
ข.15 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม การลดการสูญเสียการ โดยการหาปริมาณการที่เหมาะสม เติมระหว่างอาร์มคอยล์	122
ข.16 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค การนำกากเหลือ จากปลายหลอดมาใช้ใหม่	123
ข.17 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ การนำกากเหลือ จากปลายหลอดมาใช้ใหม่	124
ข.18 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม การนำกากเหลือ จากปลายหลอดมาใช้ใหม่	125
ข.19 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค ลดการใช้สารไอฟิเอ ในกระบวนการล้างอาร์ม	126
ข.20 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ ลดการใช้สารไอฟิเอ ในกระบวนการล้างอาร์ม	127
ข.21 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารไอฟิเอ ในกระบวนการล้างอาร์ม	128
ข.22 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางเทคนิค อุปกรณ์ใส่วัตถุติดแท่งโลหะ	129
ข.23 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินเศรษฐศาสตร์ อุปกรณ์ใส่วัตถุติดแท่งโลหะ	130
ข.24 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินทางสิ่งแวดล้อม อุปกรณ์ใส่วัตถุติด แท่งโลหะ	131

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 สัดส่วนการประกอบอาร์มคอยล์เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆเดือน พ.ค. 2550 - เม.ย.2551	3
2.1 แนวคิดเทคโนโลยีสะอาด	5
2.2 วิธีการของเทคโนโลยีสะอาด	6
2.3 การทำดุลมวลและพลังงานของหน่วยปฏิบัติการเดี่ยว	13
2.4 สาเหตุหลักของการสูญเสีย 5 ประเด็นหลัก	14
2.5 วิธีการสร้างข้อเสนอของเทคโนโลยีสะอาด	15
2.6 การพล็อตกราฟการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง	22
2.7 การพล็อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าทำนาย	23
2.8 การพล็อตกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดสอบ	24
4.1 วัตถุดิบอาร์มคอยล์ในกระบวนการผลิต	33
4.2 กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ผลิตภัณฑ์ A	34
4.3 การไหลของงานการประกอบอาร์มคอยล์ในปัจจุบัน	35
4.4 การดุลมวลสารการประกอบอาร์มคอยล์ของผลิตภัณฑ์ A	43
4.5 ตัวอย่างของเสียหลังจากการประกอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป	44
4.6 การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต	46
4.7 การอบกาวให้แห้งหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์	46
4.8 การใช้เตาอบงานไม่เต็มประสิทธิภาพ	47
4.9 ความเร็วของสายพานและมอเตอร์ที่ติดอยู่ด้านข้างของบริเวณเตาอบชิ้นงาน	48
4.10 กาวส่วนเกินหลังจากการเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์	48
4.11 ผ้าคลีนที่ใช้ในการทำความสะอาดกาวส่วนเกิน	49
4.12 โคมสเว็บบที่ใช้ในการกำจัดกาวส่วนเกิน	49
4.13 การล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอและการทิ้งหลังจากการใช้แล้ว	50
4.14 สาเหตุการเกิดของเสียอาร์มคอยล์	54
4.15 สาเหตุการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เต็มประสิทธิภาพ	55
4.16 สาเหตุการการสูญเสียกาวระหว่างการเติมกาวอาร์มคอยล์	56
4.17 พนักงานกดหยุดปั๊มเพื่อหยุดผลิต	60

4.18 ใบลีดที่ใช้เขียนชนิดของเสีย	60
4.19 ขั้นตอนการหยุดผลิตเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต	61
4.20 ตัวอย่างของเสียกาวเปื้อนบนชิ้นงาน	62
4.21 ปริมาณกาวที่มากเกินไป	62
4.22 ทิศทางการกำจัดกาว	62
4.23 ก่อนการปรับปรุงเปลี่ยนทิศทางการกำจัดกาวส่วนเกิน จาก 1 ไป 2	63
4.24 หลังการปรับปรุงเปลี่ยนทิศทางการกำจัดกาวส่วนเกิน จาก 2 ไป 1	63
4.25 ตำแหน่งของการตรวจสอบของพนักงานบนชิ้นงาน	64
4.26 แผนผังการไหลของการประกอบอาร์มคอยล์หลังการปรับปรุง	66
4.27 การวัดค่าอุณหภูมิภายในเตาอบแต่ละโซน	70
4.28 เครื่องมือการวัดค่าอุณหภูมิในเตาอบ	70
4.29 ความเร็วของสายพานเตาอบ 180 มิลลิเมตรก่อนที่หลังปรับปรุง	72
4.30 เปรียบเทียบจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ได้ก่อนและหลังการปรับความเร็วสายพาน	73
4.31 อุปกรณ์ในการอบชิ้นงานในปัจจุบัน	73
4.32 อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน	74
4.33 กระบวนการใช้พลังงานไฟฟ้าในปัจจุบัน	74
4.34 อุปกรณ์ประหยัดพลังงานใช้ร่วมกับกระบวนการผลิต	75
4.35 การทดสอบหาค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์	78
4.36 ชิ้นงานหลังจากการทดสอบ	78
4.37 กราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของผลกระทบต่อข้อมูลผลตอบ	79
4.38 การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบ	80
4.39 แผนภาพแบบกล่อง (Box plot) เปรียบเทียบค่าแรงยึดเหนี่ยวอาร์มคอยล์ระหว่างการใช้ กระบวนการ V และการไม่ใช้กระบวนการ V	81
4.40 ภาพตัดแสดงความลึกของกาวสูงสุดที่สามารถยอมรับได้	82
4.41 ภาพตัดแสดงการล้นของกาวสูงสุดที่สามารถยอมรับได้	82
4.42 ตัวอย่างปริมาณกาวที่เติมระหว่างอาร์มคอยล์ระดับกลาง	83