

## สารบัญ

|                                                                | หน้า |
|----------------------------------------------------------------|------|
| กิตติกรรมประกาศ                                                | ก    |
| บทคัดย่อภาษาไทย                                                | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                             | ฉ    |
| สารบัญ                                                         | ๗    |
| สารบัญตาราง                                                    | ฎ    |
| สารบัญภาพ                                                      | ฏ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                                   |      |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา                                  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา                                    | 5    |
| 1.3 ขอบเขตของการศึกษา                                          | 4    |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                  | 5    |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                        |      |
| 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)              | 6    |
| 2.2 หลักการของซิกซ์ ซิกม่าและเครื่องมือที่ใช้                  | 10   |
| 2.2.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)                             | 10   |
| 2.2.2 การวัดผลและรวบรวมข้อมูล (Measure Phase)                  | 12   |
| 2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze Phase)                       | 15   |
| 2.2.4 การปรับปรุงเพื่อจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ (Improve Phase) | 18   |
| 2.2.5 การควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ (Control)                 | 25   |
| 2.3 การทอลวดตาข่าย                                             | 29   |
| 2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                             | 30   |
| บทที่ 3 วิธีการวิจัย                                           |      |
| 3.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase)                               | 37   |
| 3.2 การวัดผลและรวบรวมข้อมูล (Measure Phase)                    | 38   |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze Phase)                                                                   | 40 |
| 3.4 การปรับปรุงเพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ (Improve Phase)                                            | 40 |
| 3.4.1 การแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง Broken Warp                                                | 41 |
| 3.4.2 การแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง Draw Over                                                  | 41 |
| 3.4.3 การแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้                                        | 41 |
| 3.4.4 การแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ                                        | 41 |
| 3.5 การควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ (Control Phase)                                                       | 42 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย                                                                                       |    |
| 4.1 ผลการกำหนดปัญหาและขอบเขตการวิจัย                                                                     | 43 |
| 4.1.1 กระบวนการผลิตลดต่ำ                                                                                 | 43 |
| 4.1.2 ข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดบนผืนงาน                                                                    | 46 |
| 4.2 ผลการวัดผลและรวบรวมข้อมูลในการผลิตลดต่ำ                                                              | 54 |
| 4.2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด                                                                             | 57 |
| 4.2.2 การวัดความสามารถของกระบวนการผลิตปัจจุบัน                                                           | 59 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาการเกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ                                           | 60 |
| 4.3.1 ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาคือด้วยแผนภาพก้างปลา                                                | 60 |
| 4.3.2 ผลการประเมินเพื่อคัดเลือกสาเหตุที่มีความเป็นไปได้<br>ในการนำไปดำเนินการปรับปรุง                    | 64 |
| 4.3.3 สรุปสาเหตุของการเกิดปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้น<br>ในปัญหาแต่ละประเภทการประเมินและแนวทางการแก้ปัญหา | 64 |
| 4.4 ผลการปรับปรุงเพื่อขจัดสาเหตุที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ                                             | 71 |
| 4.4.1 ผลการแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง Broken Warp                                              | 71 |
| 4.4.2 ผลการแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง Draw Over                                                | 80 |
| 4.4.3 ผลการแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้                                      | 84 |
| 4.4.4 ผลการแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ                                      | 86 |
| 4.5 ผลการควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ                                                                     | 94 |
| 4.5.1 การกำหนดแผนควบคุมเพื่อป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง                                                     | 94 |
| 4.5.2 การควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ โดยสร้างแผนภูมิควบคุม                                             | 96 |
| 4.5.3 การตรวจติดตามกระบวนการ                                                                             | 99 |

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1 สรุปผลการวิจัยตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า                               | 103 |
| 5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย                                               | 105 |
| 5.3 ปัญหาและอุปสรรค                                                   | 106 |
| 5.4 ข้อเสนอแนะ                                                        | 106 |
| บรรณานุกรม                                                            | 107 |
| ภาคผนวก                                                               |     |
| ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์จากการศึกษาระบบการวัด                         | 111 |
| ภาคผนวก ข ผลการทดลองข้อบกพร่อง Broken Warp                            | 113 |
| ภาคผนวก ค ผลการทดลองข้อบกพร่อง Draw Over                              | 115 |
| ภาคผนวก ง ผลการทดลองข้อบกพร่อง Mark-Wash ชนิดรอยไหม้                  | 119 |
| ภาคผนวก จ ผลการทดลองข้อบกพร่อง Mark-Wash ชนิดคราบน้ำ                  | 121 |
| ภาคผนวก ฉ มาตรฐานการปฏิบัติงานการล้างทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ Ni-200      | 124 |
| ภาคผนวก ช ข้อมูลปริมาณข้อบกพร่องในการสร้างแผนภูมิควบคุม               | 126 |
| ภาคผนวก ซ ใบตรวจสอบ (Check Sheet) ข้อมูลข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ Ni-200 | 129 |
| ภาคผนวก ฌ แบบฟอร์มบันทึกการเก็บข้อมูล                                 | 132 |
| ประวัติผู้เขียน                                                       | 137 |

## สารบัญตาราง

| ตาราง                                                                                                                               | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 แสดงจำนวนของเสียหรือข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด                                                                           | 9    |
| 2.2 แสดงจำนวนของเสียหรือข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด<br>เมื่อค่าเบี่ยงเบนเลื่อนไป $\pm 1.5\sigma$                              | 10   |
| 2.3 เกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานตรวจสอบ                                                                       | 15   |
| 2.4 การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมในการดำเนินการ<br>ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ตามหลัก DMAIC ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า                  | 32   |
| 2.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักซิกซ์ ซิกม่า                                                                 | 35   |
| 3.1 สัญลักษณ์และคำจำกัดความในการเขียนแผนผังการไหลของกระบวนการ                                                                       | 37   |
| 3.2 เกณฑ์การประเมินค่าคะแนนความเสี่ยงที่จะเกิดรอยตำหนิ (Mark) บนผืนงาน                                                              | 38   |
| 3.3 เกณฑ์การประเมินค่าคะแนนเพื่อคัดเลือกลักษณะหรือปัจจัยที่สำคัญไปทำการศึกษา                                                        | 40   |
| 4.1 ผลการประเมินค่าคะแนนโอกาสเกิดรอยตำหนิ (Mark-MK)                                                                                 | 51   |
| 4.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด                                                                                                        | 58   |
| 4.3 ข้อบกพร่อง Broken Warp, Draw Over และ MK-Wash ชนิดรอยไหม้<br>และคราบน้ำ เดือนกันยายนถึงธันวาคมปีงบประมาณ 2553 (ก่อนการปรับปรุง) | 60   |
| 4.4 การประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Broken Warp                                                                                       | 65   |
| 4.5 การประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Draw Over                                                                                         | 66   |
| 4.6 ผลการประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Mark-Wash ชนิดรอยไหม้                                                                           | 67   |
| 4.7 ผลการประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Mark -Wash คราบน้ำ                                                                              | 67   |
| 4.8 สาเหตุและผลกระทบของปัญหาหรือปัจจัยที่ทำให้ข้อบกพร่องแต่ละชนิด                                                                   | 68   |
| 4.9 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็เกิดข้อบกพร่อง<br>Broken Warp                                                  | 69   |
| 4.10 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็เกิดข้อบกพร่อง<br>Draw Over                                                   | 69   |
| 4.11 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็เกิดข้อบกพร่อง<br>MK-Wash ชนิดรอยไหม้                                         | 70   |
| 4.12 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาก็เกิดข้อบกพร่อง<br>MK-Wash ชนิดคราบน้ำ                                         | 71   |

|      |                                                                                                                                                            |     |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.13 | ปัจจัยในการทดลองแบบ Full Factorial ( $2^3$ )                                                                                                               | 86  |
| 4.14 | การประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลอง<br>ที่มีผลต่อผลตอบความยาวของผืนงานที่เกิดขึ้นจากการเกิดข้อบกพร่อง                                 | 87  |
| 4.15 | การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลกระทบแต่ละปัจจัย                                                                                                               | 88  |
| 4.16 | การประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลอง<br>ที่มีผลต่อผลตอบความยาวของผืนงานที่เกิดขึ้นจากการเกิดข้อบกพร่อง<br>โดยคิดเฉพาะพจน์ที่มีนัยสำคัญ | 90  |
| 4.17 | ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยในการทดลอง                                                                                                                         | 90  |
| 4.18 | แผนการควบคุม (Control Plan)                                                                                                                                | 95  |
| 4.19 | ข้อบกพร่อง Broken Warp, Draw Over, MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำ<br>เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมปีงบประมาณ 2553 (หลังการปรับปรุง)                            | 102 |
| 5.1  | สรุปผลการแก้ไขการเกิดข้อบกพร่อง                                                                                                                            | 104 |

## สารบัญภาพ

| รูป                                                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 ปริมาณการผลิตรวมและปริมาณเศษลวดปีงบประมาณ 2553                                      | 2    |
| 1.2 ปริมาณเศษลวดรวม เศษลวดที่จำเป็นต้องมีและไม่จำเป็นต้องมี<br>ในปีงบประมาณ 2553        | 2    |
| 1.3 ข้อบกพร่องที่เกิดบนผืนงานลวดตาข่าย                                                  | 3    |
| 1.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องบนผืนงาน<br>ในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ | 4    |
| 2.1 ฮิสโตแกรมแสดงให้เห็นการกระจายของข้อมูล ซึ่งเกิดจากการผันแปร                         | 7    |
| 2.2 ค่าเบี่ยงเบนซิกซ์ ซิกม่า                                                            | 8    |
| 2.3 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนที่เลื่อนไป $\pm 1.5\sigma$                                     | 9    |
| 2.4 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ                                                          | 21   |
| 2.5 งานลวดตาข่ายประเภทต่างๆ                                                             | 29   |
| 2.6 ลักษณะการทอ                                                                         | 30   |
| 4.1 แผนภาพกระบวนการทอลวด (Process Map)                                                  | 44   |
| 4.2 แผนผังการไหลแสดงรายละเอียดกระบวนการ (Process Flow Chart)                            | 45   |
| 4.3 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณเศษลวดในแต่ละแผนกปีงบประมาณ 2553                             | 47   |
| 4.4 ปริมาณเศษลวดที่ไม่จำเป็นต้องมี (Unnecessary Scrap) ในกระบวนการผลิต ปี 2553          | 48   |
| 4.5 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผืนงานในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์            | 48   |
| 4.6 แผนภูมิพาเรโตแสดงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ Ni-200                           | 49   |
| 4.7 ข้อบกพร่องที่ทำการศึกษา แยกตามกระบวนการที่พบ                                        | 50   |
| 4.8 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณข้อบกพร่องประเภทรอยดำหนิ (Mark)<br>เดือนกันยายนถึงธันวาคม    | 51   |
| 4.9 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณ Mark-Wash แต่ละชนิด ของเดือนกันยายนถึงธันวาคม               | 52   |
| 4.10 ลักษณะข้อบกพร่องชนิด Broken Warp                                                   | 53   |
| 4.11 ลักษณะข้อบกพร่องชนิด Draw Over                                                     | 53   |
| 4.12 ผืนงานที่เกิดข้อบกพร่อง Mark Wash ชนิดรอยไหม้                                      | 54   |
| 4.13 ผืนงานที่เกิดข้อบกพร่อง Mark Wash ชนิดคราบน้ำ                                      | 54   |
| 4.14 เปรียบเทียบข้อมูล ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพนักงานตรวจสอบ                       | 55   |
| 4.15 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน                                 | 56   |

|      |                                                                                                |    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.16 | ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบทั้ง 2 คน ได้ผลเหมือนกัน                                   | 57 |
| 4.17 | ตัวอย่างการตัดฝืนงานตามความยาวที่เกิดข้อบกพร่อง                                                | 59 |
| 4.18 | แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องชนิด Broken Warp                                   | 61 |
| 4.19 | แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องชนิด Draw Over                                     | 62 |
| 4.20 | แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิด รอยไหม้                              | 65 |
| 4.21 | แผนภูมิแก๊งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิด คราบน้ำ                              | 65 |
| 4.22 | ผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 21                                | 72 |
| 4.23 | ผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 26                                | 72 |
| 4.24 | ผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 32                                | 72 |
| 4.25 | ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบที่ผ่านการแปลงข้อมูลข้อบกพร่อง (เครื่องทอหมายเลข 21)     | 74 |
| 4.26 | ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบที่ผ่านการแปลงข้อมูลข้อบกพร่อง (เครื่องทอหมายเลข 26)     | 74 |
| 4.27 | ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบที่ผ่านการแปลงข้อมูลข้อบกพร่อง (เครื่องทอหมายเลข 32)     | 75 |
| 4.28 | ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 21                                                  | 76 |
| 4.29 | ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 26                                                  | 76 |
| 4.30 | ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 32                                                  | 77 |
| 4.31 | ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆ (เครื่องทอหมายเลข 21) | 78 |
| 4.32 | ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆ (เครื่องทอหมายเลข 26) | 79 |
| 4.33 | ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆ (เครื่องทอหมายเลข 32) | 80 |
| 4.34 | ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อบกพร่อง Draw Over ก่อนและหลัง<br>ปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน                | 81 |
| 4.35 | แท่นสำหรับใส่หลอดลวด (Bobbin Stand) ก่อนปรับปรุง                                               | 82 |
| 4.36 | แท่นสำหรับใส่หลอดลวด (Bobbin Stand) หลังปรับปรุง                                               | 82 |
| 4.37 | ลักษณะเมื่อลวดไถลัดหมดม้วน                                                                     | 83 |
| 4.38 | ไฟสัญญาณเตือนเมื่อลวดไถลัดหมดม้วนและหมดม้วน                                                    | 83 |



|      |                                                                                                     |     |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.39 | ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อบกพร่อง Draw Over ของเครื่องทอหมายเลข 20                                     | 84  |
| 4.40 | ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อบกพร่อง Draw Over ของเครื่องทอหมายเลข 21                                     | 84  |
| 4.41 | การล้างผืนงานก่อนใช้อุปกรณ์ช่วยป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้                         | 85  |
| 4.42 | การล้างผืนงานโดยใช้อุปกรณ์ช่วยป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้                          | 85  |
| 4.43 | ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง ก่อนและหลังการป้องกันรอยไหม้ | 86  |
| 4.44 | กราฟแสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบ                                                        | 90  |
| 4.45 | Main Effects Plot ของความยาวของผืนงานที่ถูกตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง                               | 91  |
| 4.46 | Interaction Plot ของความยาวของผืนงานที่ถูกตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง                                | 92  |
| 4.47 | ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลความยาวของผืนงานที่เกิดข้อบกพร่อง                                | 93  |
| 4.48 | แผนภูมิควบคุม u-Chart ของข้อบกพร่อง Broken Warp                                                     | 96  |
| 4.49 | แผนภูมิควบคุม u-Chart ของข้อบกพร่อง Draw Over (ก่อนปรับปรุง)                                        | 97  |
| 4.50 | แผนภูมิควบคุม u-Chart ของข้อบกพร่อง Draw Over (หลังปรับปรุง)                                        | 97  |
| 4.51 | แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ของข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้                                          | 98  |
| 4.52 | แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ของข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ                                          | 99  |
| 4.53 | แผนภูมิควบคุม u-Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง Broken Warp                                           | 100 |
| 4.54 | แผนภูมิควบคุม u-Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง Draw Over                                             | 100 |
| 4.55 | แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้                                | 101 |
| 4.56 | แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ                                | 101 |