

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิธีการควบคุมคุณภาพด้วยวิธีซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิ จากการดำเนินงานวิจัยสามารถแสดงรายละเอียดของผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ผลการกำหนดปัญหาและขอบเขตการวิจัย

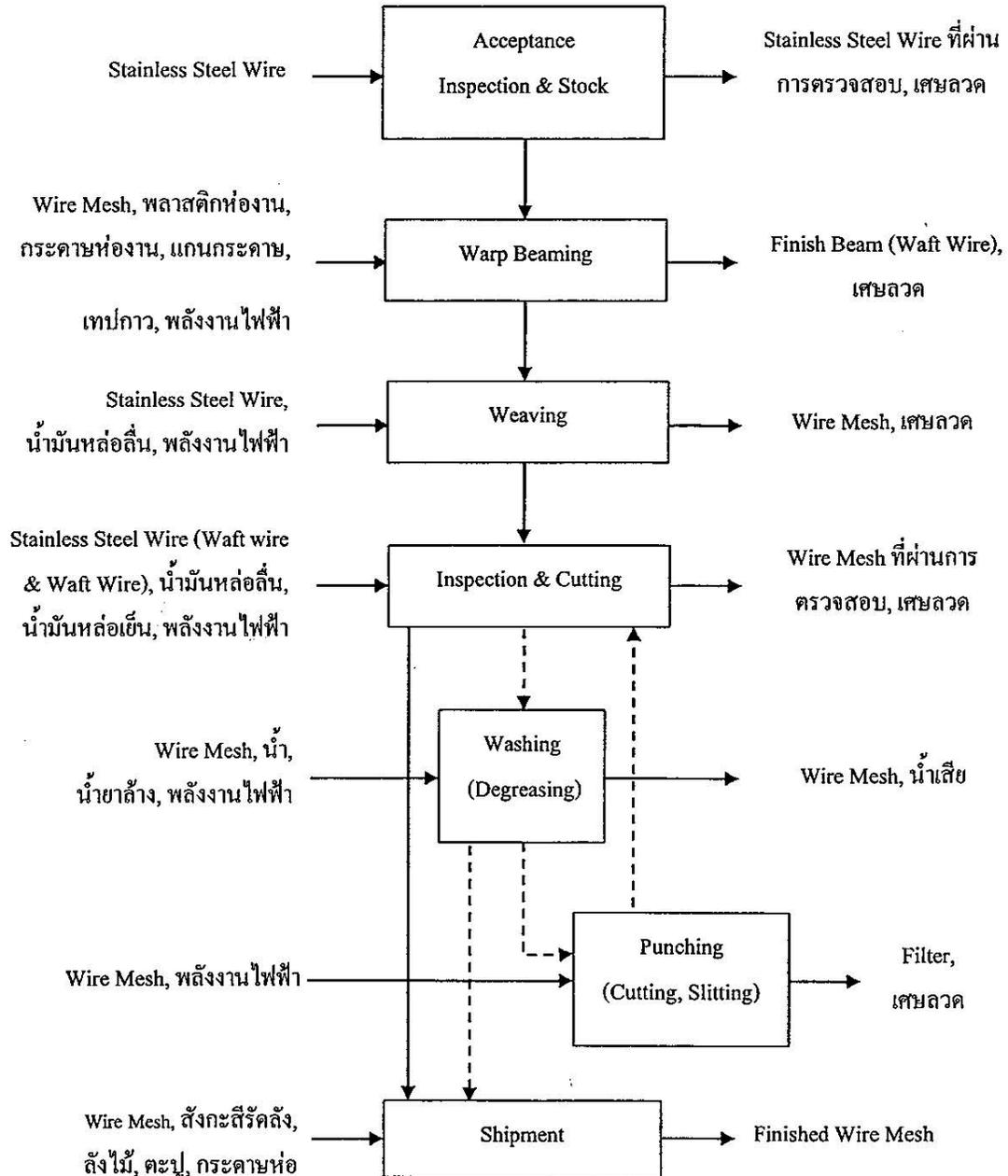
การกำหนดปัญหาและขอบเขตงานวิจัยนี้ เป็นขั้นตอนที่ทำการเลือกกระบวนการที่เป็นปัญหามาดำเนินการแก้ไข ซึ่งปัญหาที่เลือกมานั้นจะต้องเป็นปัญหาที่มีผลต่อคุณภาพ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ดังนั้นจึงทำการศึกษากระบวนการผลิตลวดตาข่าย และข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดบนผืนงาน ดังนี้

4.1.1 กระบวนการผลิตลวดตาข่าย

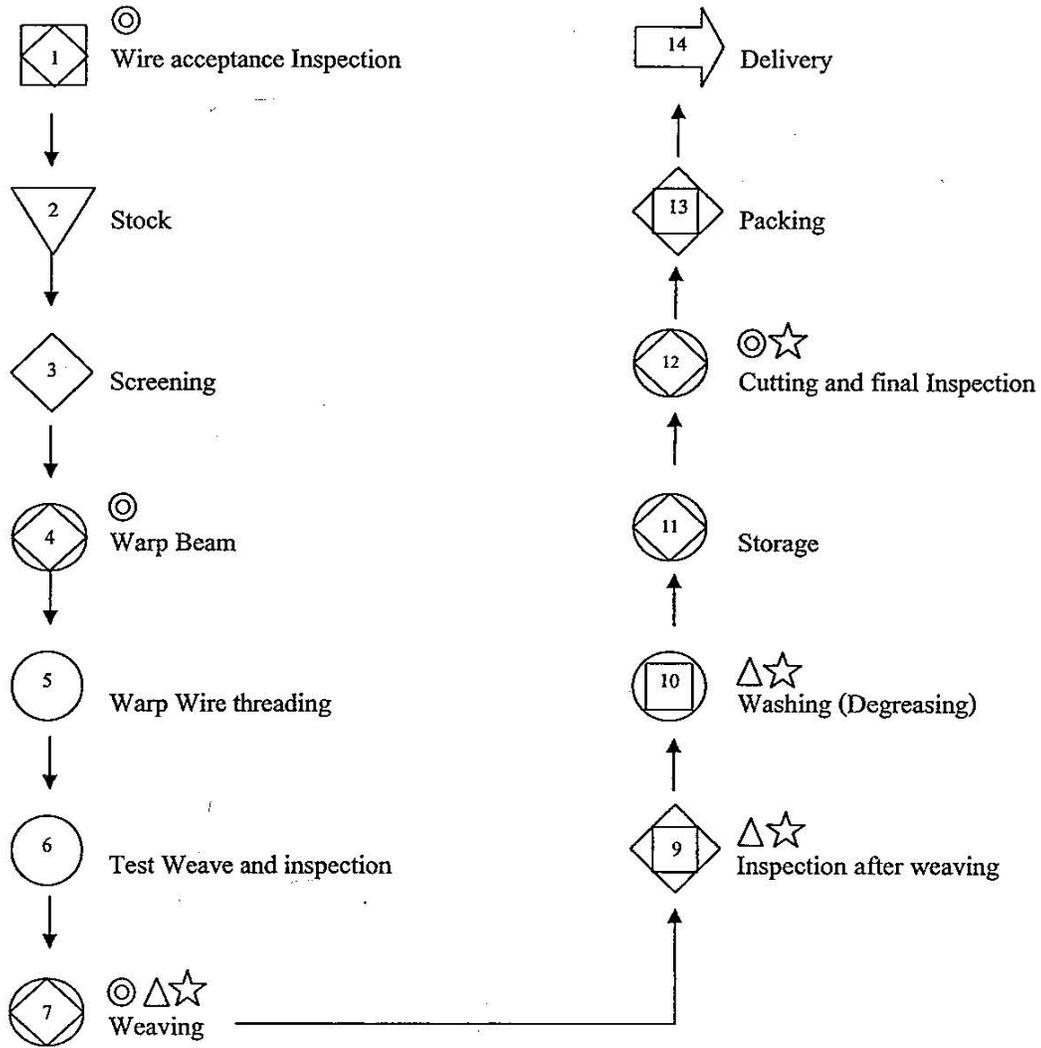
จากการศึกษากระบวนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษา สามารถเขียนเป็นแผนภาพกระบวนการผลิต (Process map) ดังรูป 4.1 ซึ่งแสดงปัจจัยนำเข้า (Input) และปัจจัยส่งออก (Output) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการด้วย ทำให้เกิดความเข้าใจในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการทำงาน โดยแผนผังการไหลของกระบวนการเริ่มตั้งแต่การตรวจสอบลวดสแตนเลสที่รับเข้าก่อนนำไปจัดเก็บ (Acceptance Inspection & Stock) เมื่อจะทำการผลิต ลวดสแตนเลสที่ผ่านการตรวจสอบแล้วจะถูกนำไปเรียงเข้าแกน (Beam) ขนาดใหญ่ในกระบวนการเรียงลวด (Warp Beaming) เพื่อนำไปใช้เป็นลวดควาฟในกระบวนการทอ (Weaving) เมื่อทอลวดออกมาเป็นผืนงานแล้วก็จะทำการตรวจสอบข้อบกพร่องและตัด (Inspection & Cutting) ตามข้อกำหนดของลูกค้า บางผลิตภัณฑ์จะต้องเข้าสู่กระบวนการล้าง (Washing) เพื่อล้างคราบน้ำมันบนผืนงาน หรือบางผลิตภัณฑ์ต้องนำไปปัมเจาะ (Punching) จากนั้นจึงนำกลับมาตรวจสอบอีกครั้งก่อนส่งสินค้าไปยังลูกค้า (Shipment)

จากรูป 4.1 จะเห็นได้ว่าปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตคือ มีเศษลวดเกิดขึ้นในหลายกระบวนการ ได้แก่ การตรวจสอบลวดสแตนเลสที่รับเข้า, กระบวนการเรียงลวด, กระบวนการทอ, กระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่องและตัด และกระบวนการปัมเจาะ ส่วนอีกปัญหาหนึ่งที่พบคือน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการล้าง ผู้วิจัยจึงได้เลือกประเด็นของการเกิดเศษลวดมาทำการศึกษาเนื่องจากเกิดขึ้นในหลายกระบวนการ โดยเมื่อทำการระดมสมองร่วมกันระหว่างผู้วิจัย ฝ่ายผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพเพื่อศึกษารายละเอียดแต่ละกระบวนการที่ทำให้เกิดเศษลวด ได้แผนผังการไหลของ

กระบวนการทอลวดในรูป 4.2 และระดับขั้นตอนการเกิดเศษลวดซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิต กระบวนการที่ก่อให้เกิดจุดบกพร่องบนผืนงาน และกระบวนการที่สามารถตรวจพบข้อบกพร่องของ ผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งเป็นสัญลักษณ์ดังนี้ (ดัดแปลงจาก: วิเชียร, 2550)



รูป 4.1 แผนภาพกระบวนการทอลวด (Process Map)



รูป 4.2 แผนผังการไหลแสดงรายละเอียดกระบวนการ (Process Flow Chart)

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภูมิได้กำหนด โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลประเทศสหรัฐอเมริกา (ASME) รายละเอียดดังตาราง 3.1

- กำหนดให้
- ◎ มีเศษลวดเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
 - △ กระบวนการที่ก่อให้เกิดจุดบกพร่องบนพื้นงาน
 - ☆ กระบวนการที่สามารถตรวจพบข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ

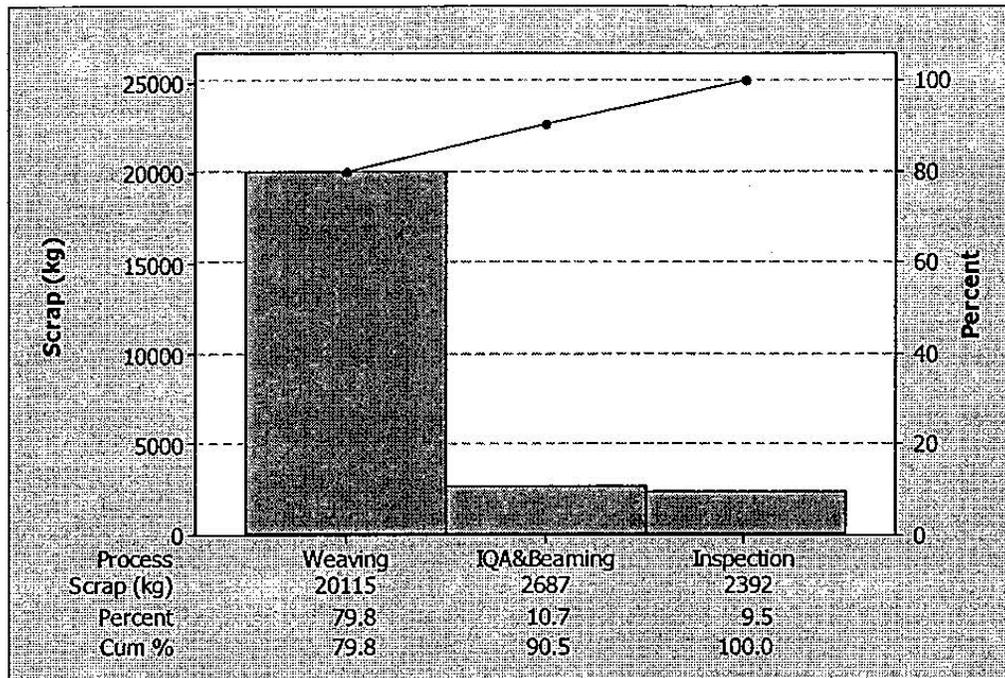
จากรูป 4.2 พบว่า มีเศษลวดเกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการตรวจรับลวด (Wire acceptance Inspection), กระบวนการเรียงลวดเข้าบีบ (Warp Beam), กระบวนการทอลวด (Weaving) และ กระบวนการตัดและตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Cutting & Final Inspection) ในขณะที่กระบวนการหลักที่ก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีค่าของกระบวนการทอลวด ได้แก่ กระบวนการทอ (Weaving), กระบวนการตรวจสอบหลังการทอ (Inspection) และกระบวนการล้างผืนงานลวดตาข่าย (Washing) โดยที่กระบวนการที่สามารถตรวจพบข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีค่าของ กระบวนการทอลวด (Weaving), กระบวนการตรวจสอบหลังการทอ (Inspection after weaving), กระบวนการล้าง (Washing) และกระบวนการตัดและตรวจสอบขั้นสุดท้าย (Cutting & Final Inspection) จะเห็นได้ว่า กระบวนการที่สำคัญของขั้นตอนการทอลวดตาข่ายที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องคือ กระบวนการทอ ลวด กระบวนการล้าง และกระบวนการตรวจสอบ

4.1.2 ข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดบนผืนงาน

เมื่อนำข้อมูลปริมาณเศษลวดในปีงบประมาณ 2553 แบ่งตามแผนกและพื้นที่การทำงานเป็น 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ กระบวนการทอ กระบวนการตรวจสอบคุณภาพและการเรียงลวด และ กระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่อง มาทำการวิเคราะห์ด้วยกราฟพาเรโตพบว่าปัญหาการเกิดเศษลวด ในกระบวนการทอมีมากที่สุด รองลงมาคือกระบวนการตรวจสอบและการเรียงลวด และ กระบวนการตรวจสอบข้อบกพร่อง ตามลำดับ ดังรูป 4.3

โดยเศษลวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทอลวดตาข่ายแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

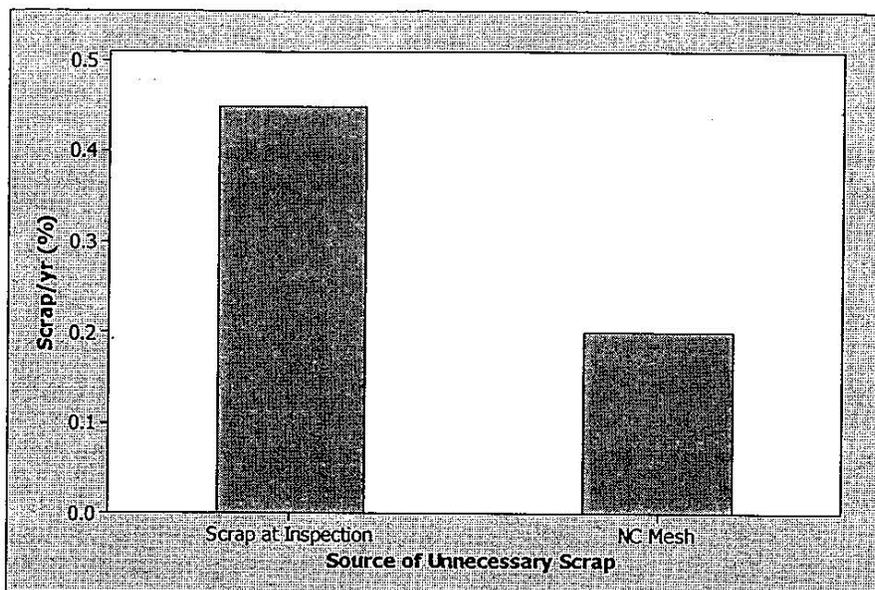
1. เศษลวดที่จำเป็นต้องมี (Necessary Scrap) เป็นเศษลวดที่จำเป็นที่จะต้องเกิดขึ้น ในกระบวนการอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ได้แก่
 - เศษลวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการทอ เป็นเศษลวดจากการทดลองทอ, การตัด ด้านข้างและลวดที่เหลือจากการทอ
 - เศษลวดที่เกิดขึ้นในกระบวนการตรวจสอบและการเรียงลวด เป็นเศษลวดที่เกิดจากการดึงไปทดสอบ, ลวดที่เหลือจากการพันบีบ และแผ่นลวดที่ตัดมาทดสอบ ตอนตั้งเครื่อง
2. เศษลวดที่ไม่จำเป็นต้องมี (Unnecessary Scrap) เป็นเศษลวดที่สามารถควบคุม ไม่ให้เกิดขึ้นได้ และสามารถป้องกันหรือลดปริมาณได้ จะเกิดขึ้นในกระบวนการตรวจสอบ ข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการทอและกระบวนการล้าง ซึ่งจะเป็นของเสียที่เกิดในการตรวจสอบ และข้อบกพร่องต่างๆ บนผืนงาน



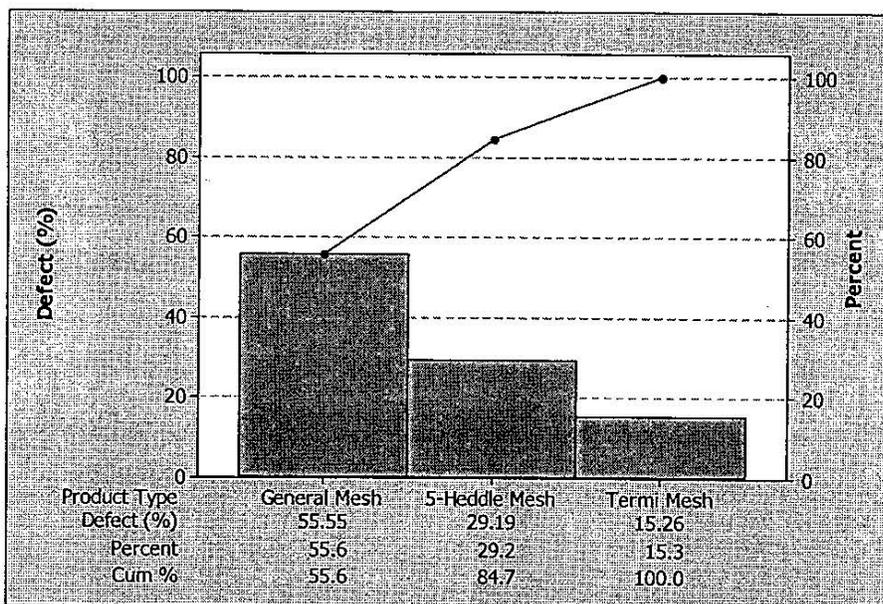
รูป 4.3 แผนภูมิพารेटอแสดงปริมาณเศษลวดในแต่ละแผนกปีงบประมาณ 2553

เศษลวดที่เกิดในกระบวนการทอและกระบวนการตรวจสอบและการเรียงลวดเป็นเศษลวดที่จำเป็นต้องมีในกระบวนการ ถึงแม้กระบวนการทอจะมีปริมาณเศษลวดที่สูงมาก แต่จะเป็นเศษลวดที่จำเป็นต้องมีในกระบวนการ หากจะทำการลดก็ไม่สามารถลดได้มากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตในการศึกษาเฉพาะเศษลวดที่ไม่จำเป็นต้องมีในกระบวนการผลิต โดยแหล่งของการเกิดเศษลวดที่ไม่จำเป็นต้องมีนี้จะมาจากเศษลวดที่ตัดเมื่อตรวจสอบเจอข้อบกพร่อง (Scrap at Inspection) 0.45% และฝืนงานที่มีตำหนิที่เกิดจากข้อบกพร่อง (NC Mesh) 0.20% ดังรูป 4.4 โดยที่ข้อบกพร่องที่ทำให้เกิดเศษลวดทั้ง 2 แหล่งมีสาเหตุมาจากกระบวนการทอ กระบวนการล้าง กระบวนการตรวจสอบ หรือการเคลื่อนย้ายฝืนงาน

ลวดตาข่ายที่ผลิตในกระบวนการแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่ งานทอทั่วไป (General Mesh), งานทอลายเส้นแบบพิเศษ (5-Heddle Mesh) และงานทอกันปลวก (Termi Mesh) จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภูมิพารेटอพบว่างานทอทั่วไป (General Mesh) จะเกิดข้อบกพร่องบนฝืนงานมากที่สุด 55.55% รองลงมาคือ งานทอลายเส้นแบบพิเศษ (5-Heddle Mesh) 29.19% และงานทอกันปลวก (Termi Mesh) 15.26% ตามลำดับ ดังรูป 4.5



รูป 4.4 ปริมาณเศษลวดที่ไม่จำเป็นต้องมี (Unnecessary Scrap) ในกระบวนการผลิต ปี 2553



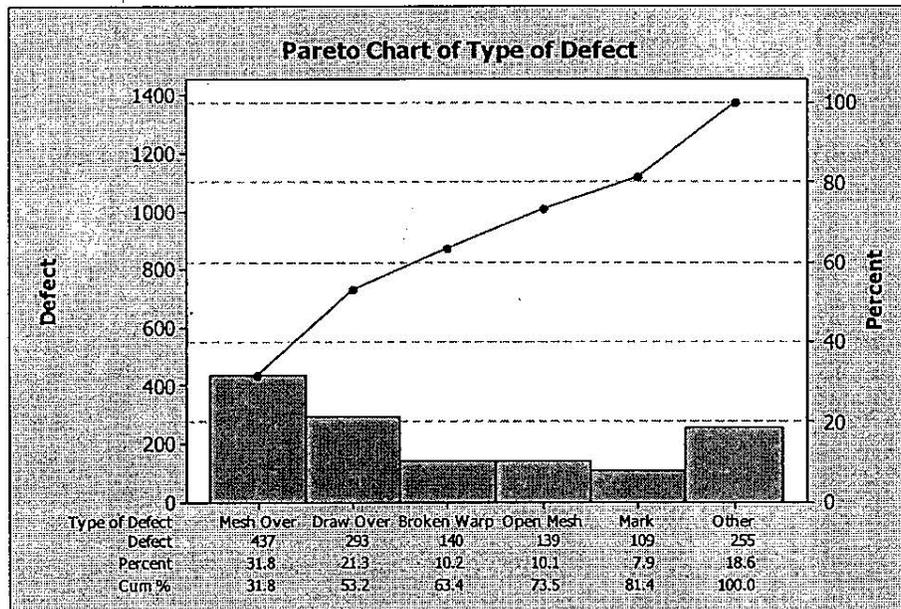
รูป 4.5 แผนภูมิพาร์โตแสดงจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนพื้นงานในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

กลุ่มงานทอทั่วไป (General Mesh) จะแบ่งเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลายสเปค ซึ่งหากประเมินตามยอดขาย จะมีสเปคหลักคือ งาน Ni-200 (ใช้เป็นส่วนประกอบของเมมเบรน ในเครื่องผลิตโซดาไฟ) และงาน Sintered Mesh for CP (ใช้ในงานระบบกรอง ในอุตสาหกรรมขุดเจาะน้ำมัน) โดยที่ปริมาณการผลิต คิดเป็น 25% และ 5 % ตามลำดับ นอกเหนือจากนั้นเป็นงานสเปคอื่นๆ อีกมากกว่า 100 สเปค ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกงาน Ni-200 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มงานทอทั่วไปมาศึกษา เนื่องจากมี

ปริมาณการผลิตที่สูง มีการสั่งผลิตที่สม่ำเสมอ วัตถุดิบมีราคาสูง ใช้ลวดเพียงขนาดเดียว และรับมาจากผู้ผลิตเพียงรายเดียว จึงง่ายต่อการควบคุมการผันแปรในการวิจัยได้

จากการศึกษาข้อมูลปริมาณการผลิตรวมและข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ Ni-200 ในปีงบประมาณ 2553 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวด้วยแผนภูมิพาร์โต ได้ผลดังรูป 4.6 แสดงให้เห็นว่าข้อบกพร่องที่เกิดบนผืนงาน Ni-200 ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิในกระบวนการผลิตลวดตาข่ายมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่

- 1) ตาของผืนงานในแนวขวางแคบกว่าค่าที่กำหนดไว้ (Mesh Over, MO) 31.1%
- 2) ตาของผืนงานในแนวขวางกว้างกว่าค่าที่กำหนดไว้เป็นทางยาว (Draw Over, DO) 21.3%
- 3) ลวดแนววาฟขาด (Broken Warp, BP) 10.2%
- 4) ตาของผืนงานในแนวขวางกว้างกว่าค่าที่กำหนดไว้เป็นช่วงๆ (Open Mesh, OM) 10.1%
- 5) รอยที่เกิดบนผืนงาน (Mark, MK) 7.9%

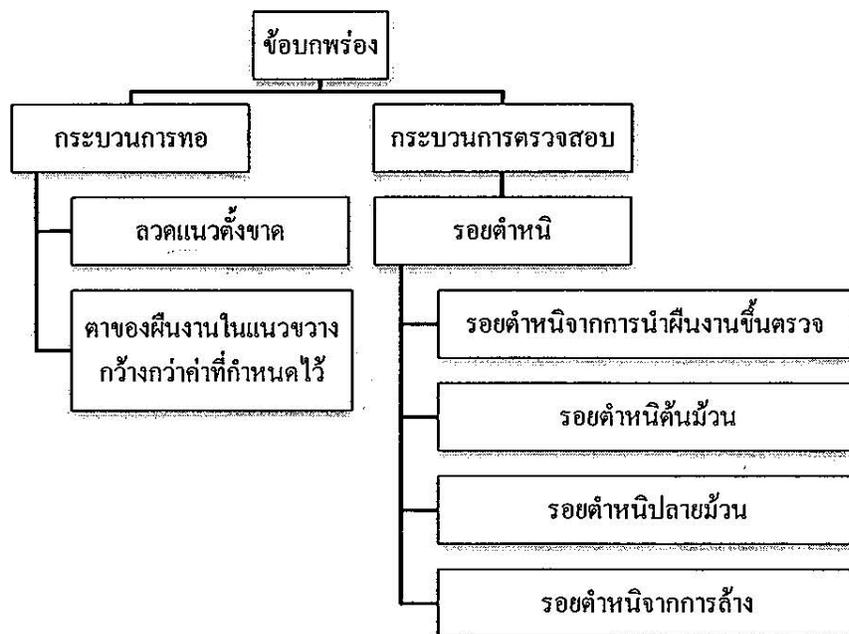


รูป 4.6 แผนภูมิพาร์โตแสดงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ Ni-200

ปัจจุบันข้อบกพร่อง Mesh Over (MO) และ Open Mesh (OM) ได้เป็นที่ยอมรับของลูกค้าแล้ว และไม่ถือว่าเป็นข้อบกพร่อง ซึ่งแต่ก่อนทางบริษัทอาจเข้มงวดในการตรวจสอบมากเกินไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกศึกษาข้อบกพร่องชนิด Draw Over (DO), Broken Warp (BP) และ

Mark (MK) มาจากการศึกษาและจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่า Draw Over (DO) และ Broken Warp (BP) เป็นข้อบกพร่องที่มีสาเหตุการเกิดมาจากกระบวนการทอ ส่วน Mark (MK) จะเกิดทั้งในกระบวนการทอและกระบวนการตรวจสอบ ดังแผนภาพรูป 4.7 และจากการรวบรวมข้อมูลในเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2553 พบว่ามี Mark (MK) เกิดในกระบวนการทอ 9.02% และเกิดในกระบวนการตรวจสอบ 90.98% ดังนั้นจึงได้เลือกทำการศึกษา Mark (MK) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตรวจสอบเพียงอย่างเดียว โดยในกระบวนการตรวจสอบเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีผลทำให้เกิด Mark (MK) ซึ่งข้อบกพร่องดังกล่าว แบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

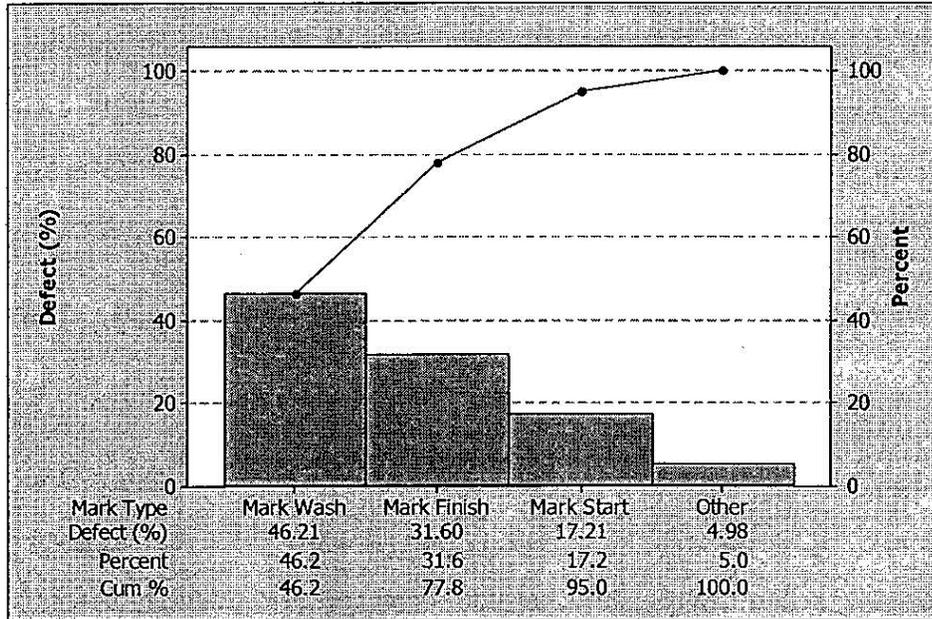
- รอยที่เกิดจากการนำผืนงานขึ้นตรวจ (Mark Inspection, MK-I)
- รอยที่เกิดขึ้นต้นม้วน (Mark Start, MK-S)
- รอยที่เกิดขึ้นปลายม้วน (Mark Finish, MK-F)
- รอยที่เกิดจากการล้างผืนงาน (Mark Wash, MK-Wash)



รูป 4.7 ข้อบกพร่องที่ทำการศึกษแยกตามกระบวนการที่พบ

เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณข้อบกพร่อง Mark (MK) ของเดือนกันยายนถึงธันวาคม 2553 ด้วยแผนภูมิพาร์โต ได้ดังรูป 4.8 พบว่ารอยตำหนิที่เกิดจากการล้างมีมากที่สุดถึง 46.2% รองลงมาคือ รอยตำหนิปลายม้วน 31.6% รอยตำหนิต้นม้วน 17.21% และรอยตำหนิที่เกิดจากการนำผืนงานขึ้นตรวจ 5% จากนั้นและทำการประเมินความเสี่ยงในการเกิดรอยตำหนิบนผืนงานทั้ง 4 ชนิดด้วยเกณฑ์

ด้าน โอกาสที่จะเกิดรอยตำหนิ (Mark-MK) และความรุนแรงของผลกระทบจากการเกิดรอยตำหนิ และความยากง่ายในการตรวจพบในตาราง 3.2 ได้ผลการประเมินดังตาราง 4.1



รูป 4.8 แผนภูมิพาร์โตแสดงปริมาณข้อบกพร่องประเภทรอยตำหนิ (Mark) เดือนกันยายนถึงธันวาคม

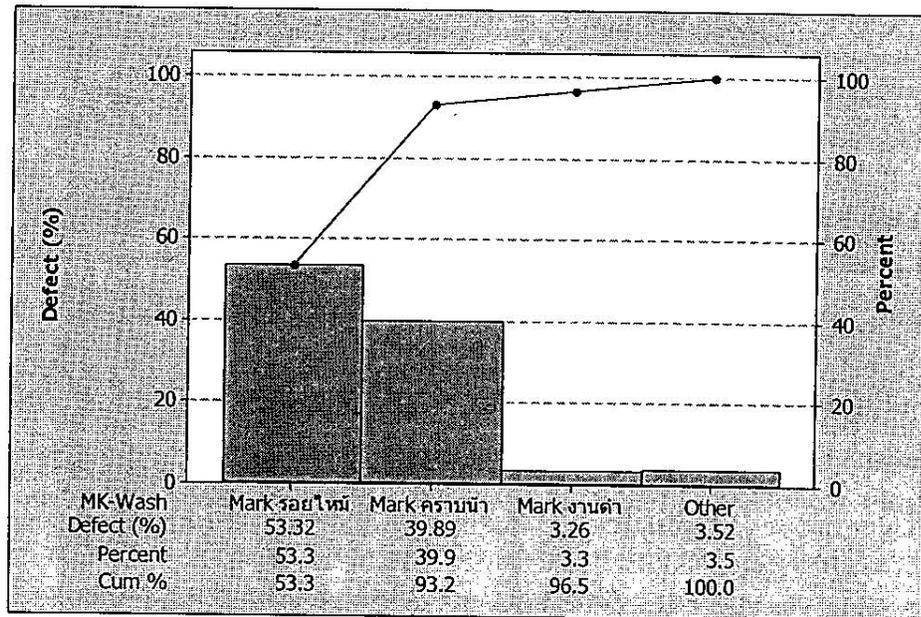
ตาราง 4.1 ผลการประเมินค่าคะแนนโอกาสเกิดรอยตำหนิ (Mark-MK)

ชนิดของข้อบกพร่อง ที่เป็นรอยตำหนิ	โอกาสที่ จะเกิด	ความรุนแรง ของผลกระทบ	ความสามารถใน การตรวจพบ	ผลคูณ ความเสี่ยง	ลำดับ ความเสี่ยง
Mark Inspection (MK-I)	1	5	3	15	3
Mark Start (MK-S)	5	5	2	50	2
Mark Finish (MK-F)	5	5	2	50	2
Mark Wash (MK-Wash)	4	5	5	100	1

จากการประเมินค่าคะแนนความเสี่ยงในการเกิดข้อบกพร่องชนิดรอยตำหนิชนิดต่างๆ ของพนักงานฝ่ายตรวจสอบข้อบกพร่อง โดยการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบที่นำมาพิจารณาดังตาราง 4.1 นั้นสรุปได้ว่า Mark Wash (MK-Wash) เป็นรอยตำหนิที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดบนผืนงานมากที่สุด รองลงมาคือ Mark Start (MK-S), Mark Finish (MK-F) และ Mark Inspection (MK-I)

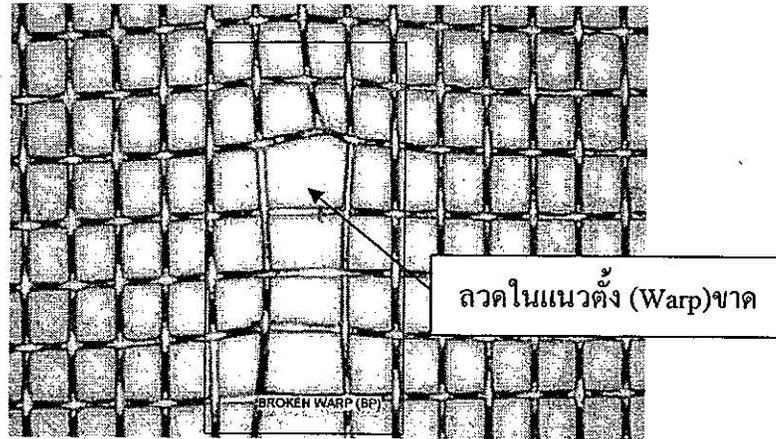
ตามลำดับ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก Mark Wash (MK-Wash) ซึ่งเป็นข้อบกพร่องที่ทำให้งานเป็นรอยและกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิมาทำการศึกษา

นอกจากนี้รอยตำหนิ MK-Wash ยังแบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือรอยตำหนิที่เกิดจากรอยไหม้ งานดำ จุดดำ คราบน้ำ และขึ้นขอบ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลรอยตำหนิ MK-Wash จากเดือนกันยายน-ธันวาคม ด้วยแผนภูมิพาร์โต ดังรูป 4.9 พบว่า มีรอยไหม้เกิดบนผืนงานสูงถึง 53.32 % รองลงมาคือ คราบน้ำ 39.89% งานดำ 3.26% จุดดำ 2.71% และ ขึ้นขอบ 0.81% ตามลำดับ



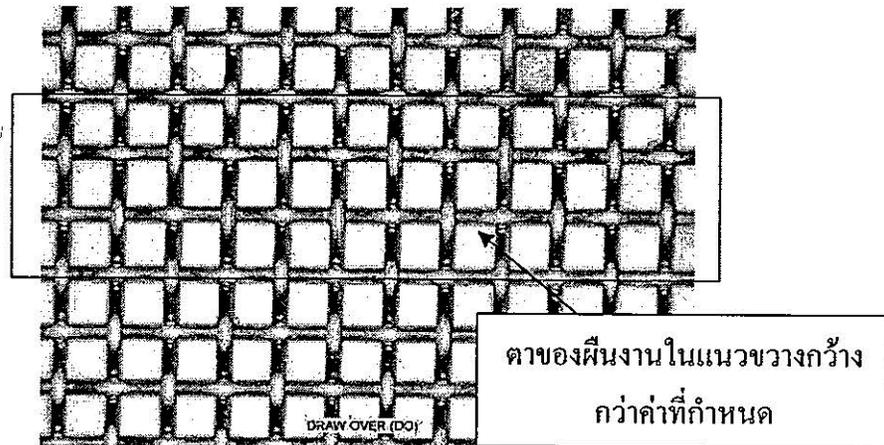
รูป 4.9 แผนภูมิพาร์โตแสดงปริมาณ Mark-Wash แต่ละชนิด ของเดือนกันยายนถึงธันวาคม

จากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่าข้อบกพร่องที่ผู้วิจัยได้เลือกมาทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้แก่จุดดำ คราบน้ำ และรอยไหม้ ซึ่งลักษณะของข้อบกพร่องดังกล่าวเป็นดังรูป 4.10 ถึง 4.13 ตามลำดับ เพื่อนำมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่อไป



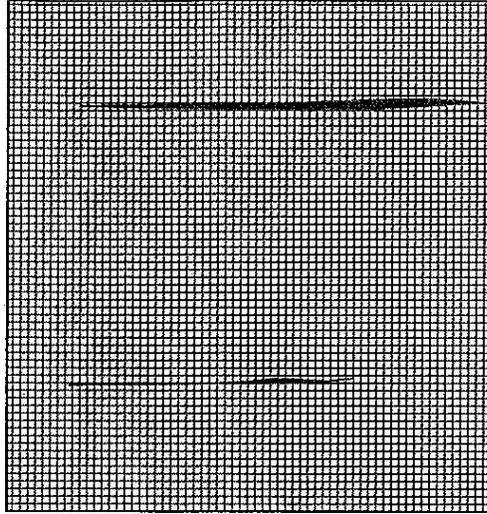
รูป 4.10 ลักษณะข้อบกพร่องชนิด Broken Warp

รูป 4.10 เป็นลักษณะของการเกิดของ Broken Warp เป็นปัญหาของลวดทางด้านแนวตั้ง (Warp) ขาด ทำให้งานที่ท้อออกมามีช่องห่างเกินกว่ากำหนด และตาของผืนงานไม่สม่ำเสมอ



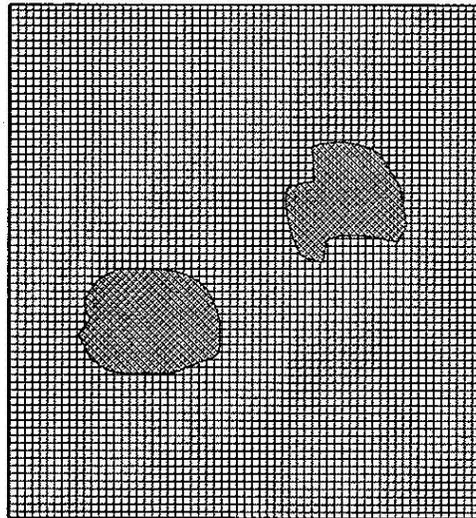
รูป 4.11 ลักษณะข้อบกพร่องชนิด Draw Over

รูป 4.11 เป็นลักษณะของการเกิดของ Draw Over เป็นปัญหาของลวดทางด้านแนวขวาง (Weft) ซึ่งลักษณะของ Draw Over คืองานที่ท้อออกมาแล้ว มีลักษณะของลวด Weft ห่างไม่เท่ากันกับลวด Weft ในช่องอื่น ๆ เป็นทางยาว



รูป 4.12 ลักษณะข้อบกพร่อง Mark-Wash ชนิดรอยไหม้

รูป 4.12 เป็นลักษณะของการเกิดของรอยดำหนิครอยไหม้ เป็นปัญหาของรอยไหม้เป็นแนวขวางบนพื้นงาน จะเกิดในกระบวนการล้าง



รูป 4.13 ลักษณะข้อบกพร่อง Mark-Wash ชนิดคราบน้ำ

รูป 4.13 เป็นลักษณะข้อบกพร่องรอยดำหนิชนิดคราบน้ำที่เกิดในกระบวนการล้าง ลักษณะของการเกิด จะเป็นรอยการไหลของคราบน้ำยาล้างบนพื้นงาน

4.2 ผลการวัดผลและรวบรวมข้อมูลในการผลิตลวดตาข่าย

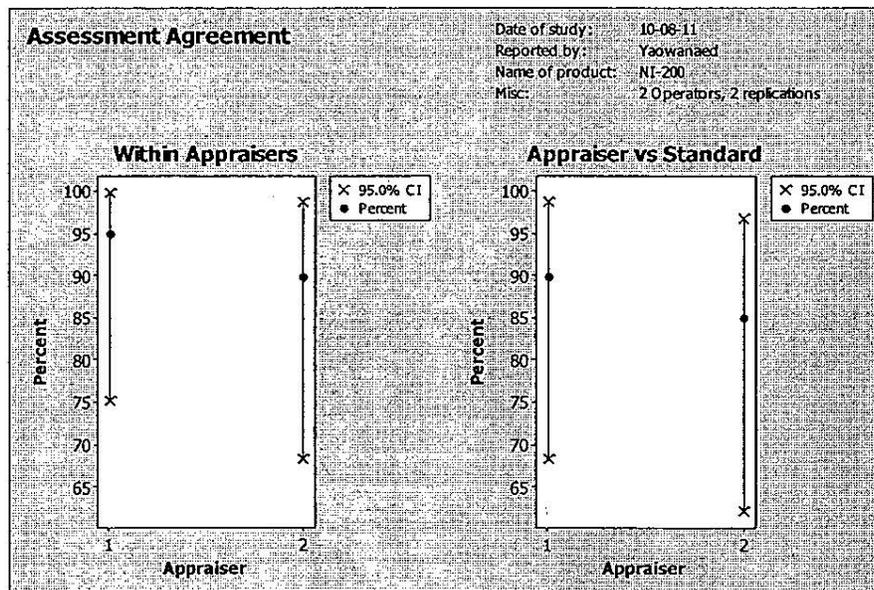
เมื่อทราบปัญหาของสถานการณ์ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในปัจจุบันแล้ว จึงทำการศึกษาระบบการวัดในการตรวจสอบข้อบกพร่องของพนักงาน เพื่อเป็นมาตรฐานในการวัดผลและ

รวบรวมข้อมูล นอกจากนี้ได้ทำการวัดความสามารถของกระบวนการผลิตปัจจุบัน เพื่อจะได้นำไปเป็นแนวทางในการเปรียบเทียบผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการ ดังมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ระบบการวัด

การตรวจสอบข้อบกพร่องในกระบวนการทอลวดตาข่ายจะใช้วิธีการตรวจสอบด้วยสายตาเป็นหลัก และในกระบวนการทำงานจะมีพนักงานตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้ายก่อนทำการตัดจำนวน 2 คน ซึ่งเป็นพนักงานที่ได้ผ่านการฝึกอบรมในการตรวจสอบเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานแล้ว และเนื่องจากการตรวจสอบด้วยสายตา จึงมักมีโอกาสดผิดพลาดในการตรวจ หรือการตัดสินใจของพนักงานซึ่งต้องทำการตรวจสอบอย่างละเอียด

จากการศึกษาความสามารถของการวัดในการแยกแยะลักษณะข้อบกพร่องบนผืนงานของพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรม 2 คน จำนวน 2 ซ้ำ ได้ผลดังภาคผนวก ก จากนั้นนำข้อมูลที่นำมาทำการวิเคราะห์ Gauge R&R แบบจำนวนนับ (Attribute) โดยทำการวิเคราะห์ในส่วนของการตรวจสอบ (Repeatability) ของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน โดยพิจารณาจากความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน 2 ครั้งของพนักงาน 2 คน โดยยังไม่คำนึงถึงความถูกต้องของการตรวจสอบว่าเหมือนกับคุณภาพที่แท้จริงหรือไม่ ได้ผลดังนี้



รูป 4.14 เปรียบเทียบข้อมูลที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของพนักงานตรวจสอบ

จากรูป 4.14 แสดงถึงช่วงความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่าความสามารถในการตรวจสอบซ้ำของพนักงานแต่ละคน ซึ่งพบว่าพนักงานคนที่ 1 และ 2 มีค่าความสามารถในการตรวจสอบซ้ำไม่

แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานพนักงานทั้งสองคนก็มีความสามารถตรวจสอบซ้ำ และถูกต้องไม่แตกต่างกันเช่นกัน

Within Appraisers					
Assessment Agreement					
Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI	
1	20	19	95.00	(75.13, 99.87)	
2	20	18	90.00	(68.30, 98.77)	
# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.					
Fleiss' Kappa Statistics					
Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
1	Fail	0.899749	0.223607	4.02380	0.0000
	Pass	0.899749	0.223607	4.02380	0.0000
2	Fail	0.797980	0.223607	3.56867	0.0002
	Pass	0.797980	0.223607	3.56867	0.0002

รูป 4.15 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน

จากรูป 4.15 % รีพีทเทเบิลิตีของพนักงานตรวจสอบคนที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 95% และ 90% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าพนักงานคนที่ 1 มีความสามารถในการตรวจสอบซ้ำดีกว่าพนักงานคนที่ 2 และสามารถประมาณค่าแบบช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับค่ารีพีทเทเบิลิตีของพนักงานแต่ละคนได้ คือ ค่ารีพีทเทเบิลิตีของพนักงานคนที่ 1 จะอยู่ในช่วง 75.13% ถึง 99.87% และพนักงานคนที่ 2 จะอยู่ในช่วง 68.30% ถึง 98.77%

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ Kappa เป็นค่าที่บอกการระดับความสัมพันธ์ระหว่างกันของพนักงานทั้งสองที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน จากการวิเคราะห์พบว่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของพนักงานคนที่ 1 เท่ากับ 0.899 และ พนักงานคนที่ 2 เท่ากับ 0.798 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การตัดสินใจในหัวข้อ 2.2.2. ในบทที่ 2 มีค่ามากกว่า 0.75 แสดงว่าผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งสองมีความพ้องกันดีมาก

Between Appraisers				
Assessment Agreement				
# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI	
20	17	85.00	(62.11, 96.79)	
# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.				
Fleiss' Kappa Statistics				
Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Fail	0.849151	0.0912871	9.30199	0.0000
Pass	0.849151	0.0912871	9.30199	0.0000

รูป 4.16 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการตรวจสอบทั้ง 2 คน ได้ผลเหมือนกัน

จากรูป 4.16 ประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี เท่ากับ 85% แสดงว่าในการใช้พนักงาน 2 คนในการตรวจสอบงาน 100 ชิ้นงาน จะมี 85 ชิ้นงานที่พนักงานทั้งสองตรวจสอบได้ผลลัพธ์เหมือนกัน และสามารถประมาณค่าแบบช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับประสิทธิภาพด้านรีพีทะบิลิตี จะอยู่ในช่วง 62.11% ถึง 96.79% และจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ Kappa ของพนักงานแต่ละคนเทียบกับค่ามาตรฐาน เท่ากับ 0.798 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.75 แสดงว่าพนักงานทั้งสองคนสามารถตรวจสอบซ้ำได้ผลพ้องกับค่ามาตรฐานได้ดี โดยพนักงานคนที่ 1 มีโอกาสตรวจสอบได้ผลพ้องกับมาตรฐานสูงกว่าพนักงานคนที่ 2

การวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่ละคน โดยการพิจารณาถึงความมีประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคน (Operator effectiveness index (O_E)) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (False alarm index (I_{FA})) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (Index of a miss (I_{MISS})) ได้ผลดังนี้

$$\begin{array}{l}
 \text{จาก} \quad O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ชี้บ่งได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะถูกต้อง}} \\
 \text{พนักงานคนที่ 1} \quad O_E = \frac{39}{40} \times 100 = 97.5\% \\
 \text{พนักงานคนที่ 2} \quad O_E = \frac{39}{40} \times 100 = 97.5\%
 \end{array}$$

		จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด	
จาก	I_{FA}	=	$\frac{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธผิดพลาด}}$
พนักงานคนที่ 1	I_{FA}	=	$\frac{1}{20} \times 100 = 5\%$
พนักงานคนที่ 2	I_{FA}	=	$\frac{1}{20} \times 100 = 5\%$
		จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด	
จาก	I_{MISS}	=	$\frac{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}}$
พนักงานคนที่ 1	I_{MISS}	=	$\frac{0}{20} \times 100 = 0\%$
พนักงานคนที่ 2	I_{MISS}	=	$\frac{1}{20} \times 100 = 5\%$

จากเกณฑ์การตัดสินใจในตาราง 2.3 ในบทที่ 2 สามารถสรุปได้ว่าพนักงานคนที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพของพนักงานแต่ละคน (O_E) มากกว่า พนักงานคนที่ 2 แสดงว่าพนักงานคนที่ 1 มีประสิทธิภาพมากกว่า แต่ทั้งสองคนมีค่า O_E มากกว่า 90 % จึงถือว่ายอมรับได้พนักงานทดสอบทั้งสองคนนี้ได้ แต่เมื่อดูที่ค่า ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (I_{FA}) พบว่าทั้งสองคนมีค่าเท่ากัน คือ 5% ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์จะอยู่ในเกณฑ์ยอมรับแบบก้ำกึ่ง และค่าดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (I_{MISS}) พนักงานคนที่ 1 มี 0% ส่วนพนักงานคนที่ 2 5% ซึ่งต่างก็อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5%

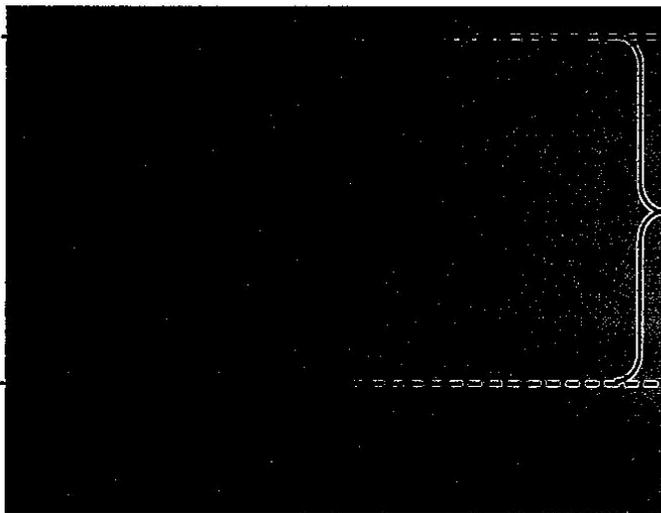
จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าว สามารถสรุปได้ดังตาราง 4.2 ซึ่งผลที่ได้สรุปได้ว่าพนักงานทั้ง 2 คนมีความสามารถในการตรวจสอบชิ้นงาน ได้ถูกต้องและแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Kitisak, 2003) ดังนั้นข้อมูลจากระบบการวัดนี้สามารถใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ตาราง 4.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัด

ค่าจากการวัด	พนักงาน 1	พนักงาน 2
% Repeatability (Within appraiser)	95	90
% Unbiased (Each Appraiser vs Standard)	90	85
% Repeatability Effectiveness (Between appraiser)	85	
% Unbiased Effectiveness (All Appraisers vs Standard)	80	
Operator effectiveness index (O_E)	97.5	95
False alarm index (I_{FA})	5	5
Index of a miss (I_{MISS})	0	5
* Kappa (K)	0.8997	0.7980

4.2.2 การวัดความสามารถของกระบวนการผลิตปัจจุบัน

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่อง Broken Warp, Draw Over Mark-Wash ชนิดรอยไหม้ และMK-Wash ชนิดคราบน้ำในปีงบประมาณ 2553 ของบริษัทกรณีศึกษาในช่วงเดือนกันยายน ถึงเดือนธันวาคมดังแสดงในตาราง 4.3 โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการแยกการวัดผลเป็น 2 แบบ นั่นคือ ข้อบกพร่อง Broken Warp และ Draw Over ได้ทำการนับจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผืนงาน ทั้งนี้เนื่องจากเป็นข้อบกพร่องที่เกิดจากกระบวนการทอ ซึ่งทำการเก็บผลหลังจากเสร็จสิ้นจากกระบวนการทอ ส่วน Mark-Wash ชนิดรอยไหม้ และMK-Wash ชนิดคราบน้ำ ได้ทำการวัดผลตอบในด้านความยาวของผืนงานที่ตัดออกเนื่องจากเป็นข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นหลังจากการล้างผืนงาน และต้องทำการตัดผืนงานตามขนาดมาตรฐาน ซึ่งวิธีการวัดค่าผลตอบของ MK-Wash ชนิดรอยไหม้ และคราบน้ำ จะทำการวัดความยาวของรอยที่เกิดและทำการตัดออกคั้งตัวอย่างในรูป 4.17



ความยาวของผืนงานที่ตัดออกเนื่องจาก
เกิดข้อบกพร่องชนิดคราบน้ำ

รูป 4.17 ตัวอย่างการตัดผืนงานตามความยาวที่เกิดข้อบกพร่อง

ตาราง 4.3 พบว่าในระยะเวลา 4 เดือนมีการผลิตลวดตาข่ายจำนวน 10,226.58 ตารางเมตร มี Broken Warp เกิดบนผืนงานทั้งหมด 20 จุด และเกิด Draw Over 191 จุด หรือเฉลี่ย 0.20 จุด/1,000 ตารางเมตร และ 18.68 จุด/1,000 ตารางเมตร ตามลำดับ และมีความยาวของผืนงานที่ถูกตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิด รอยไหม้ เท่ากับ 0.01175 เมตร และคราบน้ำ 0.00963 เมตร หรือเฉลี่ย 11.75 เมตร/1,000 ตารางเมตร และ 9.63 เมตร/1,000 ตารางเมตร ตามลำดับ

ตาราง 4.3 ข้อบกพร่อง Broken Warp, Draw Over และ MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำ เดือนกันยายน ถึงธันวาคมปีงบประมาณ 2553 (ก่อนการปรับปรุง)

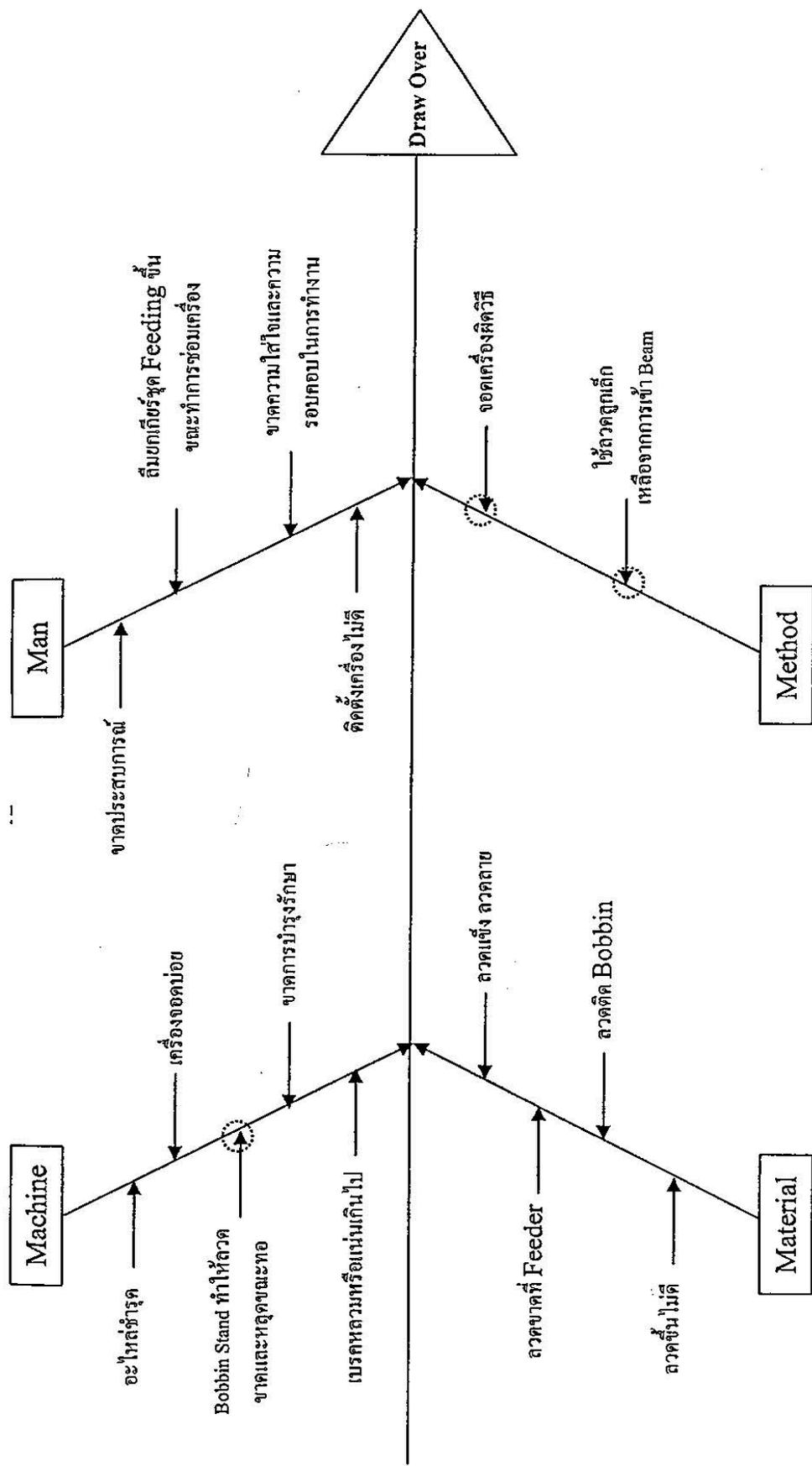
เดือน	ปริมาณการผลิต (ตารางเมตร)	Broken Warp (จุด)	Draw Over (จุด)	MK-Wash รอยไหม้ (m)	MK-Wash คราบน้ำ (m)
กันยายน	2,749.50	6	52	33.81	27.60
ตุลาคม	2,188.68	5	40	25.81	33.48
พฤศจิกายน	2,052.70	5	39	27.28	16.66
ธันวาคม	3,235.70	4	60	33.32	20.74
รวม	10,226.58	20	191	120.21	98.49
ข้อบกพร่องเฉลี่ย / ตารางเมตร		0.00195	0.01868	0.01175	0.00963
ข้อบกพร่องเฉลี่ย / 1,000 ตารางเมตร		0.20	18.68	11.75	9.63

4.3 ผลการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาการเกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ

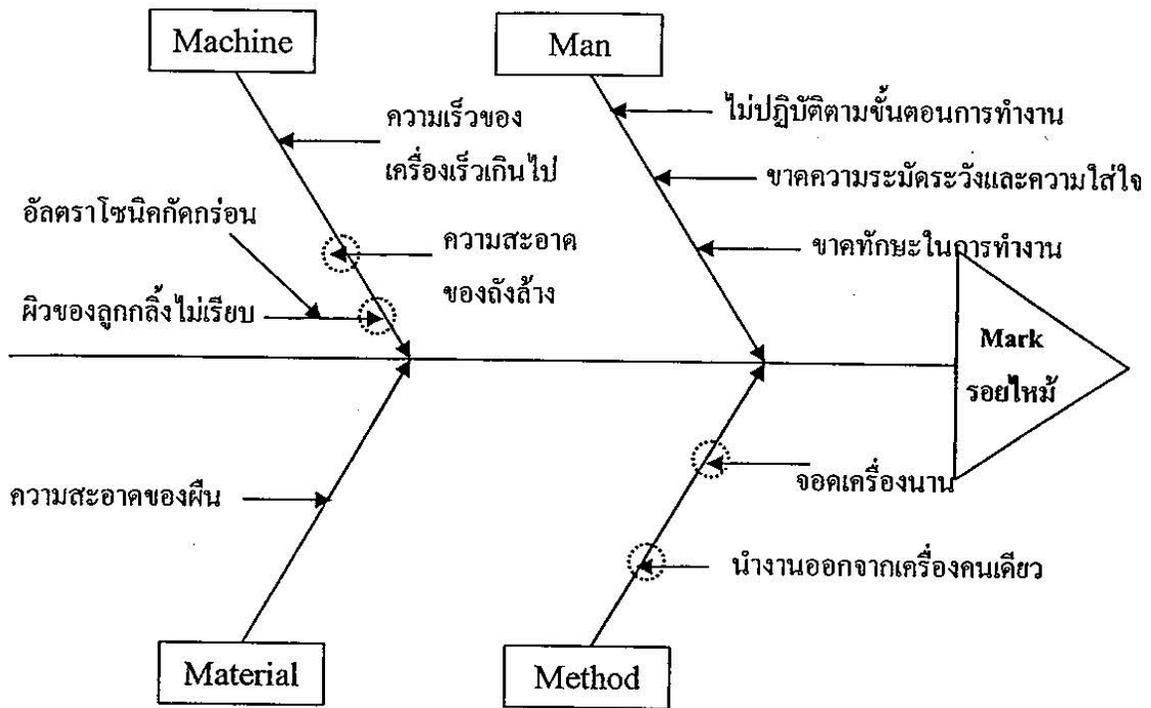
ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาการเกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ โดยใช้แผนภาพก้างปลาและได้ทำการประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ไข จากนั้นทำการสรุปสาเหตุหลักของแต่ละปัญหา เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

4.3.1 ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพก้างปลา

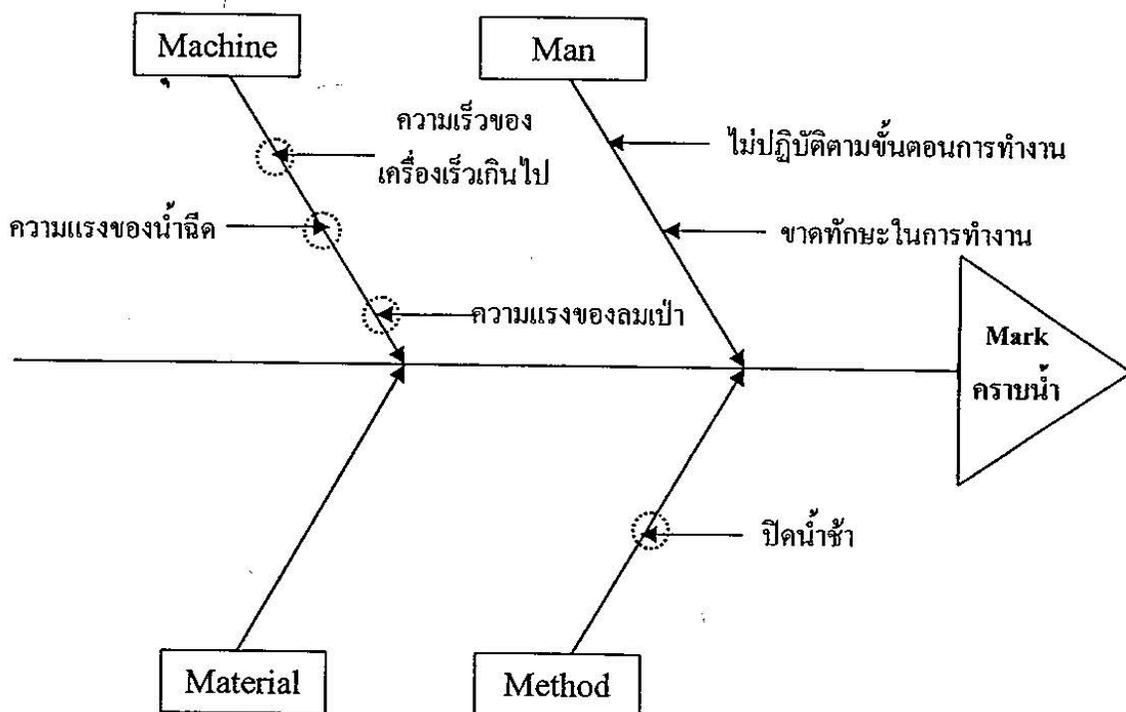
จากการระดมความคิดร่วมกับพนักงานฝ่ายผลิต ฝ่ายควบคุมคุณภาพ และฝ่ายตรวจสอบ เพื่อแจกแจงสาเหตุของข้อบกพร่องทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ Broken Warp (BP), Draw Over (DO), Mark-Wash ชนิดรอยไหม้ และ Mark-Wash ชนิดคราบน้ำ โดยใช้แผนภูมิก้างปลา ซึ่งแผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุของการเกิด Broken Warp แสดงดังรูป 4.18 ของข้อบกพร่องชนิด Draw Over แสดงดังรูป 4.19 ส่วนรูป 4.20 เป็นแผนภูมิก้างปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องรอยดำหนิชนิดรอยไหม้ และรูป 4.21 เป็นของข้อบกพร่องรอยดำหนิชนิดคราบน้ำ



รูป 4.19 แผนภูมิแก่งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องชนิด Draw Over



รูป 4.20 แผนภูมิกิ่งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิด รอยไหม้



รูป 4.21 แผนภูมิกิ่งปลาแสดงสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิด คราบน้ำ

4.3.2 ผลการประเมินเพื่อคัดเลือกสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปดำเนินการปรับปรุง

จากการระดมความคิดร่วมกับพนักงานฝ่ายผลิตและฝ่ายตรวจสอบ เพื่อแจกแจงสาเหตุโดยใช้แผนภูมิแก๊งปลาในรูป 4.18-4.21 ผู้วิจัยได้นำมาทำการประเมินเพื่อคัดเลือกสาเหตุหรือปัจจัยที่สำคัญมาทำการศึกษา โดยให้พนักงานฝ่ายผลิตและฝ่ายตรวจสอบ ทำการประเมินโดยใช้เกณฑ์ในตาราง 3.3 ในบทที่ 3 และผลการประเมินดังกล่าวสามารถสรุปสาเหตุที่สำคัญและยังไม่ได้รับการแก้ปัญหาหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาของข้อบกพร่อง Broken Warp เป็นดังตาราง 4.4 ส่วนของข้อบกพร่อง Draw Over, MK-Wash ชนิดรอยไม้และคราบน้ำเป็นดังตาราง 4.5 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

4.3.3 สรุปสาเหตุของการเกิดปัญหาและผลกระทบที่เกิดขึ้นในปัญหาแต่ละประเภท

จากการประเมินในตาราง 4.4-4.7 สามารถสรุปสาเหตุและผลกระทบของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง Broken Warp (BP), Draw Over (DO), Mark-Wash ชนิดรอยไม้ และ Mark-Wash ชนิดคราบน้ำ ได้ดังตาราง 4.8 โดยเลือกเฉพาะสาเหตุที่มีความเป็นไปได้ในการนำไปแก้ไขในขั้นตอนต่อไป

ตาราง 4.4 การประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Broken Warp

สาเหตุการเกิด Broken Warp	ความน่าสนใจ ของประเด็น ปัญหา	ความรุนแรง ของผลที่เกิด	ความเป็นไป ได้ในการแก้ไข	ผลคูณ	ลำดับ
เครื่องจักร (Machine)					
1. ค่า Tension สูงเกินไป ทำให้ลวดยืด มากและขาด	3	3	3	27	①
2. เศษอะไหล่ที่ชำรุดตกลงในคืนงาน	2	2	2	8	4
3. ชุคหัวสร					
- หัวสรเป็นรอย	2	1	2	4	6
- หัวสรชนกับลวด	2	2	2	8	4
- น็อตหัวสรหลุด	2	2	3	12	3
- Timing belt ของหัวสรขาด	2	2	2	8	4
คน (Man)					
1. ขาดทักษะและประสบการณ์	2	2	2	12	3
2. ขาดความใส่ใจและความรอบคอบ ในการทำงาน	3	3	1	6	5
วิธีการ (Method)					
1. การใส่ Bobbin หลังจากการพันบีม					
- ขึ้นลวดไม่ตรงแนว	2	2	3	12	3
- ใส้ Bobbin ทับเส้นเดิม	1	2	2	4	6
- พัน Bobbin ไม่ดี	2	2	2	8	4
2. การพันลวดเข้าบีม					
- ลวดทับ	1	2	2	4	6
- บีมล้น	2	3	1	6	5
- (Tako)	2	3	3	18	2
วัสดุ (Material)					
1. มีการกระแทกระหว่างขนส่ง	2	1	3	6	5
2. ลวดเป็นรอย					
- Supplier	1	2	1	2	7
- OSA ที่ใช้เข้าบีมเป็นรอย	2	3	2	12	3

ตาราง 4.5 การประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Draw Over

สาเหตุการเกิด Mark รอยไหม้	ความน่าสนใจ ของประเด็น ปัญหา	ความรุนแรง ของผลที่เกิด	ความเป็นไป ได้ในการแก้ไข	ผลคูณ	ลำดับ
เครื่องจักร (Machine)					
1. อะไหล่ชำรุด	2	2	2	6	4
2. Bobbin Stand ทำให้ลวดขาดและ หลุดขณะทอ	3	3	3	27	①
3. เครื่องจอบ่อย	2	1	2	4	5
4. ขาดการบำรุงรักษา	2	1	2	4	6
เครื่องจักร (Machine)					
1. อะไหล่ชำรุด	2	2	2	6	4
2. Bobbin Stand ทำให้ลวดขาดและ หลุดขณะทอ	3	3	3	27	①
3. เครื่องจอบ่อย	2	1	2	4	5
4. ขาดการบำรุงรักษา	2	1	2	4	6
คน (Man)					
1. ขาดประสบการณ์	2	2	2	12	3
2. ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	2	2	1	6	4
3. ขาดความใส่ใจและความรอบคอบ ในการทำงาน	3	3	1	6	4
4. ลืมยกชุดเกี่ยวชุด Feeding ขึ้นขณะ ทำการซ่อมเครื่อง	1	1	2	2	6
วิธีการ (Method)					
1. จอดเครื่องผิดวิธี	2	2	3	4	5
2. ใช้ลวดลูกเล็กที่หลุดจากการเข้าบีม	3	3	2	18	②
วัสดุ (Material)					
1. ลวดขาดที่ Feeder	3	2	2	4	5
2. ลวดขึ้นไม่ดี	3	2	2	4	5
3. ลวดแข็ง ลวดลาย	1	2	1	2	6
4. ลวดคืด Bobbin	2	3	3	18	①

ตาราง 4.6 ผลการประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Mark-Wash ชนิดรอยไหม้

สาเหตุการเกิด Mark รอยไหม้	ความน่าสนใจ ของประเด็น ปัญหา	ความรุนแรง ของผลที่เกิด	ความเป็นไป ได้ในการแก้ไข	ผลคูณ	ลำดับ
เครื่องจักร (Machine)					
1. ความเร็วของเครื่องเร็วเกินไป	1	2	1	2	5
2. ผิวของลูกกลิ้งไม่เรียบ	2	3	3	18	①
3. ความสะอาดของถังล้าง	2	3	3	18	①
คน (Man)					
1. ขาดทักษะในการทำงาน	3	3	1	9	3
2. ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	3	3	1	9	3
3. ขาดความระมัดระวังและความใส่ใจ ในการทำงาน	2	3	1	6	4
วิธีการ (Method)					
1. จอดเครื่องนาน	2	3	3	18	①
2. ไม่ปิดน้ำ	2	3	2	12	2
3. นำผืนงานออกจากเครื่องคนเดียว	3	3	2	18	①
วัสดุ (Material)					
1. ผืนงานมีน้ำมันมาก	2	1	1	2	5

ตาราง 4.7 การประเมินสาเหตุเพื่อการแก้ไข Mark-Wash ชนิดคราบน้ำ

สาเหตุการเกิด Mark คราบน้ำ	ความน่าสนใจ ของประเด็น ปัญหา	ความรุนแรง ของผลที่เกิด	ความเป็นไป ได้ในการแก้ไข	ผลคูณ	ลำดับ
เครื่องจักร (Machine)					
1. ความเร็วของเครื่องเร็วเกินไป	2	3	2	12	②
2. ความแรงของน้ำฉีด	2	3	3	18	①
3. ความแรงของแรงดันลม	2	3	3	18	①
คน (Man)					
1. ขาดทักษะในการทำงาน	3	3	1	9	3
2. ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	3	3	1	9	3
3. ขาดความระมัดระวังและความใส่ใจ ในการทำงาน	2	3	1	6	4

ตาราง 4.8 สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแต่ละชนิดและผลกระทบ

ชนิดของข้อบกพร่อง	สาเหตุของการเกิดปัญหา	ผลกระทบที่เกิดขึ้น
Broken Warp (BP)	เครื่องจักร (Machine) ค่า Tension ของเครื่องทอสูงเกินไป	ทำให้มีแรงดึงในการทอมากเกินไป มีผลทำให้เส้นลวดขาด
Draw Over (DO)	เครื่องจักร (Machine) Bobbin Stand ทำให้ลวดขาดและหลุดขณะทอ วิธีการ (Method) ลวดลูกเล็กเหลือจากการเข้า Beam และลวดติด Bobbin จอดเครื่องผิดวิธี	ทำให้ลวดขาดและหลุดในขณะทอ ต้องต่อลวดบ่อย ต้องใช้ลวดลูกเล็กเป็นจำนวนมากในการทอผืนงาน ซึ่งทำให้มีรอยต่อบนผืนงาน ทำให้เกิดตำหนิบนผืนงาน ทำให้เครื่องจอดอย่างรวดเร็ว
Mark Wash (ชนิดรอยไหม้)	เครื่องจักร (Machine) ความสะอาดของถัง ผิวของลูกกลิ้งเครื่องล้างไม่เรียบ วิธีการ (Method) จอดเครื่องนาน นำผืนงานออกจากเครื่องคนเดียว	ทำให้เกิดตะกอนเข้าไปติดบนผืนงาน และเกิดเป็นรอยดำ ทำให้เกิดจุดดำบนผืนงาน ทำให้ผืนงานเกิดรอยไหม้ ทำให้ผืนงานเกิดรอยไหม้
Mark Wash (ชนิดคราบน้ำ)	เครื่องจักร (Machine) ความเร็วของเครื่องเร็วเกินไป ความแรงของน้ำฉีด ความแรงของแรงดันลม วิธีการ (Method) ปัดน้ำซ้ำ	ทำให้เกิดคราบสกปรกบนผืนงาน ทำให้เกิดคราบน้ำยาบนผืนงาน

4.3.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาค่าแรงดึงที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง

ดำเนินการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาค่าแรงดึง โดยการหาวิธีการปรับปรุงตามสาเหตุของการเกิดปัญหา โดยใช้เทคนิคและเครื่องมือการวิเคราะห์สำหรับแต่ละข้อบกพร่องดังตาราง 4.9-4.12

ตาราง 4.9 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาค่าแรงดึงที่เกิดข้อบกพร่อง Broken Warp

สาเหตุของการเกิดปัญหา	วิธีการปรับปรุง	เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
เครื่องจักร (Machine) ค่าแรงดึง (Tension) ของเครื่องทอสูงเกินไป	หาค่าแรงดึงที่เหมาะสมสำหรับการทอของเครื่องทอ หมายเลข 21 26 และ 32	เปรียบเทียบความแตกต่างค่าแรงดึงของเครื่องทอแต่ละเครื่อง โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA)

ตาราง 4.10 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาค่าแรงดึงที่เกิดข้อบกพร่อง Draw Over

สาเหตุของการเกิดปัญหา	วิธีการปรับปรุง	เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
วัสดุ (Material) ลวดลูกเล็กเหลือจากการเข้า Beam	ปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยกระจายการใช้ลวดลูกเล็กสลับกับลวดลูกใหญ่ในการทอ ลวด เพื่อลดจุดต่อของลวดแต่ละม้วน/ 1 ม้วนงาน	การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing; t- test) เปรียบเทียบการทำงานก่อนและหลังปรับปรุง
เครื่องจักร (Machine) Bobbin Stand ทำให้ลวดขาดและหลุดขณะทอ	ติด Sensor ในการตรวจลวดเพื่อสามารถบ่งบอกและติดตามเมื่อลวดใกล้หมดม้วน	ออกแบบและจัดทำแทนสำหรับใส่ Bobbin Stand ใหม่และการป้องกันข้อผิดพลาดจากการทำงาน (POKA YOKE)

ตาราง 4.11 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิด รอยไหม้

สาเหตุของการเกิดปัญหา	วิธีการปรับปรุง	เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
วิธีการ (Method) 1. จอดเครื่องนาน 2. นำฝืนงานออกคนเดียว	กำหนดมาตรฐานในขั้นตอน การนำฝืนงานออกจากเครื่อง ถ้าง	การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing ; Mann-Whitney Test) เพื่อ เปรียบเทียบจำนวนข้อบกพร่องที่ เกิดขึ้นจากการนำฝืนงานออกจาก เครื่อง โดยใช้และไม่ใช้แผ่นฟิวเจอร์ บอร์ดเป็นตัวกั้นขณะหยุดเครื่อง
เครื่องจักร (Machine) 1. ความสะอาดของถังทำให้ เกิดตะกอนเข้าไป ติดบนฝืนงาน และเกิด เป็นรอยดำ 2. ฝิวของลูกกิ้งเครื่อง ถ้างไม่เรียบทำให้เกิด จุดดำบนฝืนงาน	จัดทำคู่มือและตารางการ ปฏิบัติในการล้างถัง จัดทำคู่มือและตารางการ ปฏิบัติในการขัดฝิวของ ลูกกิ้ง	มาตรฐานการปฏิบัติงาน มาตรฐานการปฏิบัติงาน

ตาราง 4.12 วิธีการปรับปรุงและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ

สาเหตุของการเกิดปัญหา	วิธีการปรับปรุง	เทคนิคและเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
เครื่องจักร (Machine) 1. ความเร็วในการล้างเร็วเกินไป 2. ความแรงของแรงดันน้ำ 3. ความแรงของแรงดันลม	หาระดับของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการที่เหมาะสม	การออกแบบการทดลอง (DOE) แบบ Full Factorial (2^3) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ 1. ความเร็วในการล้าง (0.20 m/min และ 0.23 m/min) 2. อัตราการไหลของน้ำฉีด (0.48 L/min, 0.75 L/min) 3. ระดับแรงดันลม (ระดับ 6 และ 7) โดยมีผลตอบคือจำนวนความยาวของผืนงานที่ตัดออกเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง

4.4 ผลการปรับปรุงเพื่อขจัดสาเหตุที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ

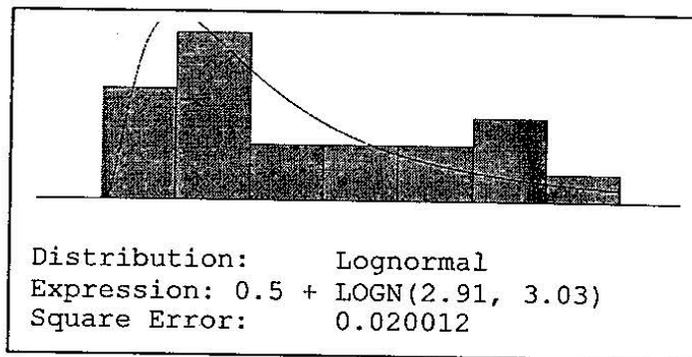
นำผลการประเมินในขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุหลักที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องชนิด Broken Warp, Draw Over, MK-Wash ชนิดรอยไหม้ และ MK-Wash-ชนิดคราบน้ำ มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามแนวทางสำหรับแต่ละข้อบกพร่องที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 4.3 โดยทำการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการทำงาน การปรับเปลี่ยนเครื่องจักรอุปกรณ์ และการออกแบบการทดลอง ดังนี้

4.4.1 ผลการแก้ไขปัญหาที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง Broken Warp

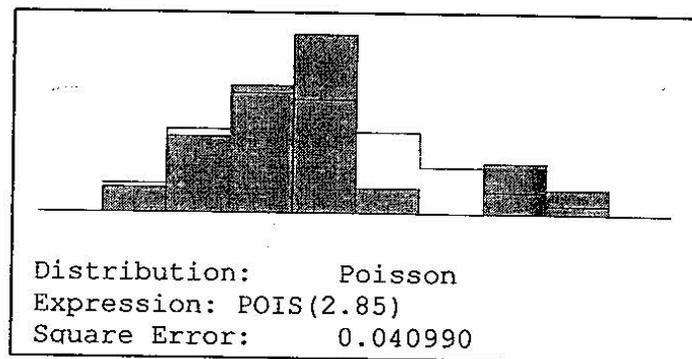
ได้ทำการศึกษาค่าแรงดึงสำหรับการตั้งเครื่องทอที่เหมาะสมที่ทำให้ผืนงานมีขนาดตาของผืนงานสม่ำเสมอตรงตามมาตรฐานที่ถูกกำหนด และไม่ทำให้ลวดในแนวตั้งขาด โดยใช้ออกแบบการทดลอง โดยมีระดับการตั้งค่าแรงดึงของเครื่องทอ 3 เครื่อง ได้แก่ เครื่องทอหมายเลข 21 26 และ 32 แสดงในตาราง 3.4 และจากการทดลองดังกล่าวได้ผลดังภาคผนวก ข และนำมาทำการวิเคราะห์ได้ผลดังนี้

4.4.1.1 การแปลงข้อมูล

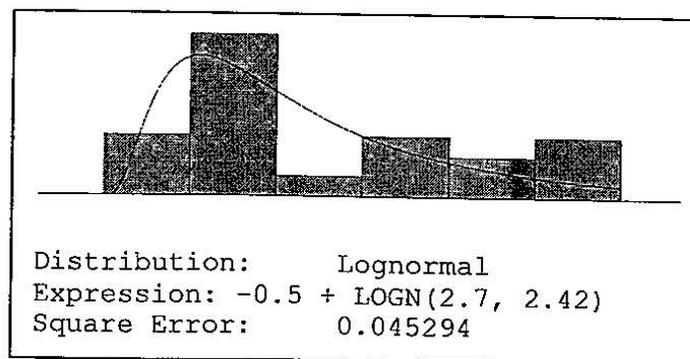
ค่าผลตอบของการทดลองนี้เป็นจำนวนข้อบกพร่อง ผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลเป็นลำดับแรก เพื่อดูการกระจายตัวของข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์พบว่า ข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 21 และ 32 มีการกระจายตัวแบบ Lognormal ดังรูปที่ 4.22 และ 4.24 ตามลำดับ ส่วนข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 26 มีการกระจายตัวแบบ Poisson ดังรูป 4.23



รูป 4.22 ผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 21



รูป 4.23 ผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 26



รูป 4.24 ผลการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 32

ข้อมูลข้อบกพร่องจากเครื่องทอหมายเลข 21 และ 32 ซึ่งมีการกระจายตัวแบบ Lognormal ดังนั้นเพื่อให้ความแปรปรวนของข้อมูลผลตอบมีค่าคงที่ จึงต้องทำการแปลงค่าผลตอบแบบ ลอการิทึม โดย

$$Y^* = \text{Log } y \quad (4.1)$$

เมื่อ y คือความยาวของฝืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง

ส่วนข้อมูลข้อบกพร่องจากเครื่องทอหมายเลข 26 มีการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบ ปัวซองส์ ได้ทำการแปลงข้อมูลโดยใช้รากที่สอง โดยใช้สมการ (4.2) ซึ่งได้ผลดังภาคผนวก ข

$$Y^* = (\sqrt{c} + \sqrt{c+1})/2 \quad (4.2)$$

เมื่อ c คือจำนวนจุดบกพร่อง

4.4.1.2 วิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูล

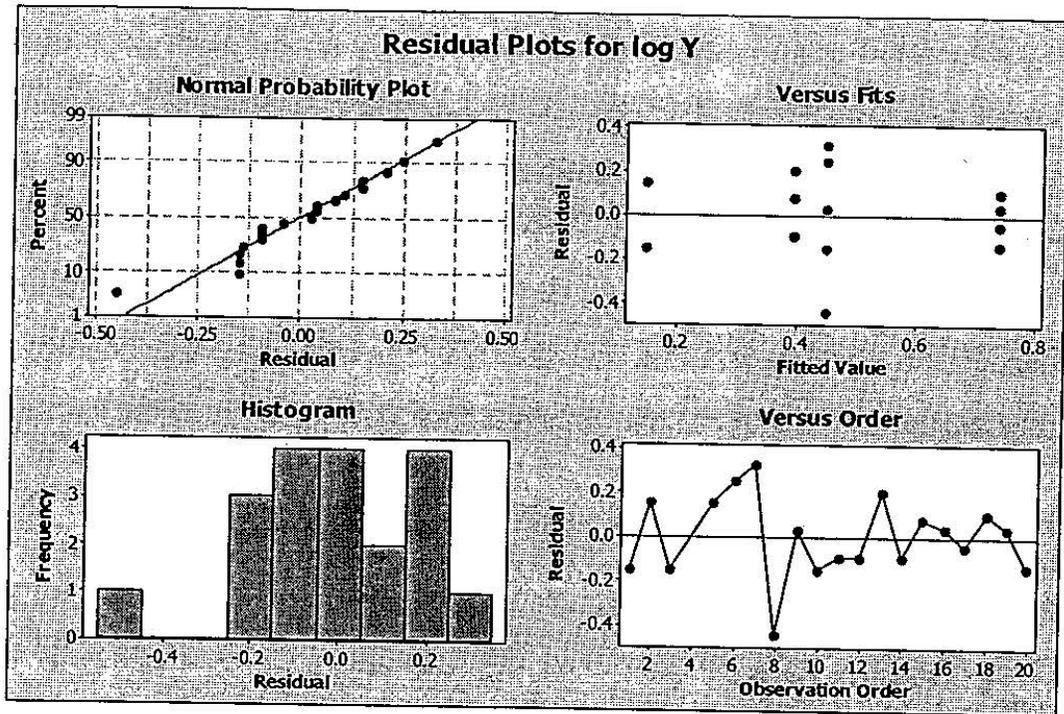
การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูล เป็นการตรวจสอบถูกต้องของข้อมูลและสมมติฐานที่ สร้างขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลการแปลงผลตอบของเครื่องทอหมายเลข 21 26 และ 32 เป็นดังรูป 4.25 4.26 และ 4.27 ตามลำดับ และจากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ว่า

การนำส่วนตกค้างของข้อมูลมาพล็อตกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residuals) ลักษณะของกราฟ มีจุดของส่วนตกค้างบนกราฟเรียงตัว กันมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างของข้อมูลการแปลงผลตอบมีการแจกแจงแบบ ปกติ

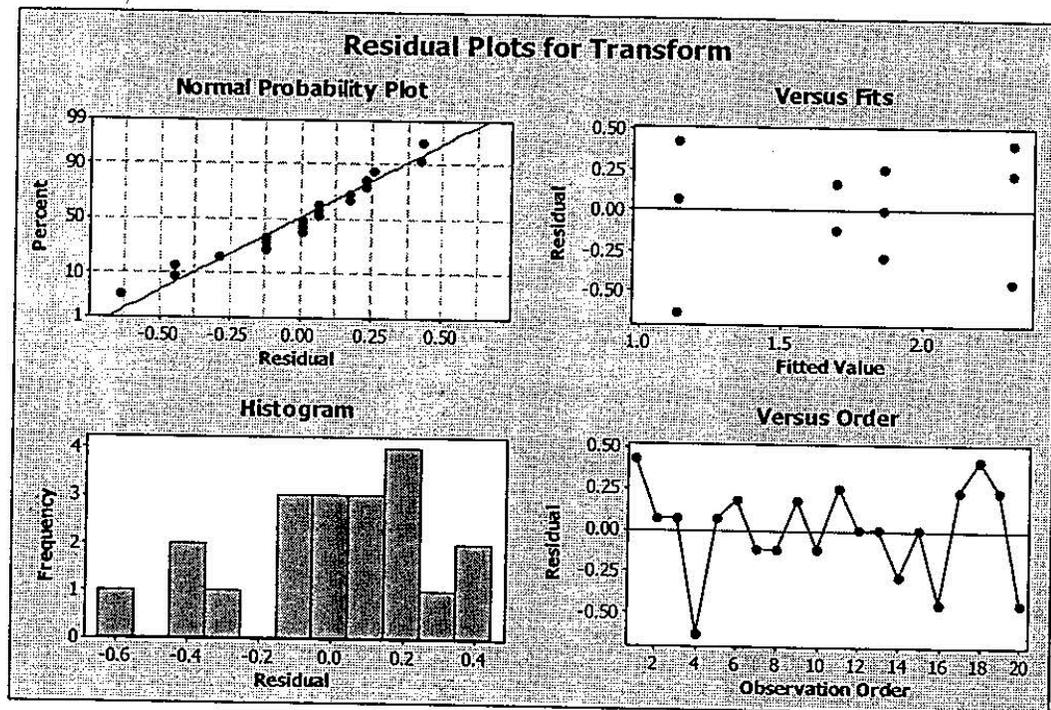
กราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกทำนาย (Plots of Residual Versus Fitted Values) มีการ กระจายตัวของส่วนตกค้างที่ต่างกัน จึงสรุปได้ว่า ส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระ ไม่ขึ้นกับ ค่าที่ถูกทำนาย

กราฟระหว่างส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง (Plots of Residual Versus Observation Order of the Data) ของข้อมูลการแปลงผลตอบพบว่าไม่มีแนวโน้มใดๆ จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมี ลักษณะการกระจายตัวแบบอิสระไม่ขึ้นกับลำดับการทดลอง

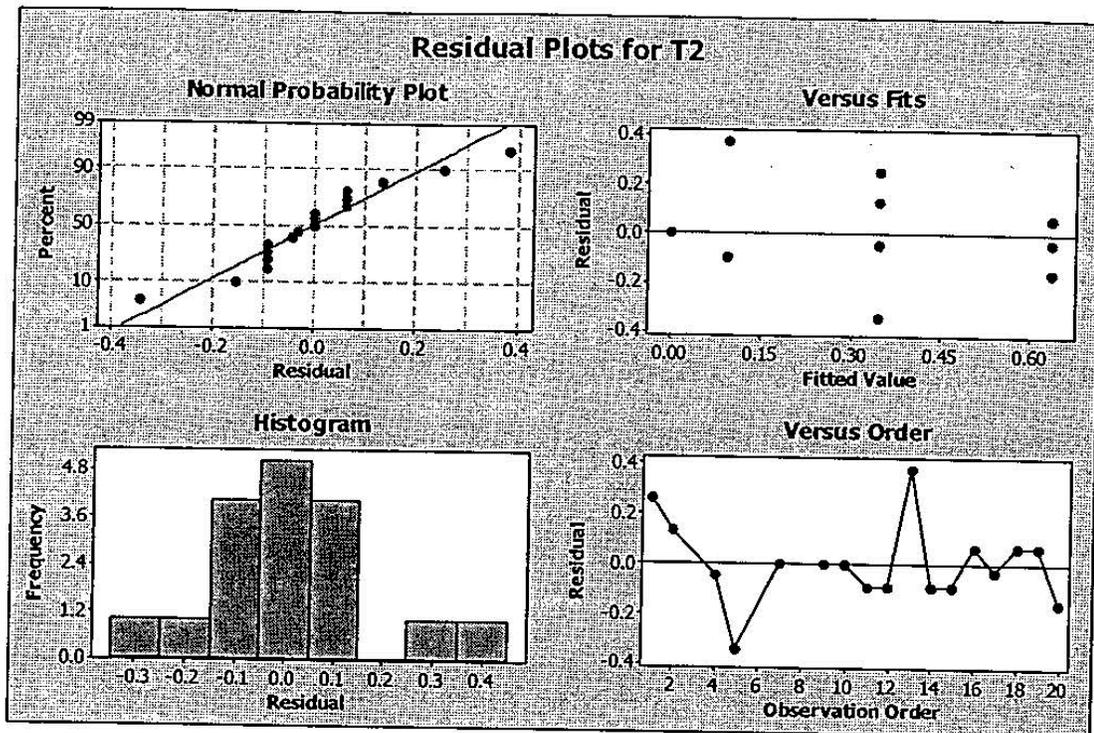
ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ารูปแบบการทดลองมีความเพียงพอที่จะ ใช้ทำนายข้อมูลการแปลงผล ตอบของการทดลอง



รูป 4.25 ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบที่ผ่านการแปลงข้อมูลข้อบกพร่อง
(เครื่องหมายหมายเลข 21)



รูป 4.26 ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบที่ผ่านการแปลงข้อมูลข้อบกพร่อง
(เครื่องหมายหมายเลข 26)



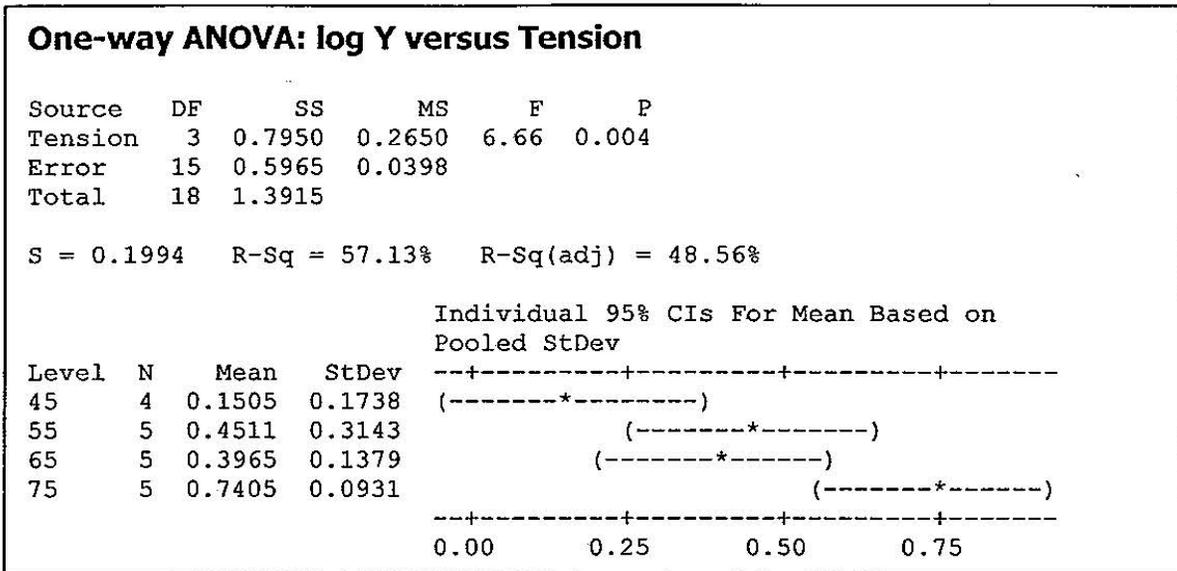
รูป 4.27 ผลการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบที่ผ่านการแปลงข้อมูลข้อบกพร่อง
(เครื่องหมายหมายเลข 32)

4.4.1.3 ผลการทดสอบทางสถิติ

จากนั้นนำข้อมูลผลตอบที่ได้ผ่านการแปลงค่ามาวิเคราะห์ผล โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการตั้งค่าแรงดึงของเครื่องทอในแต่ละระดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

(1) ผลการทดลองที่เครื่องหมายหมายเลข 21

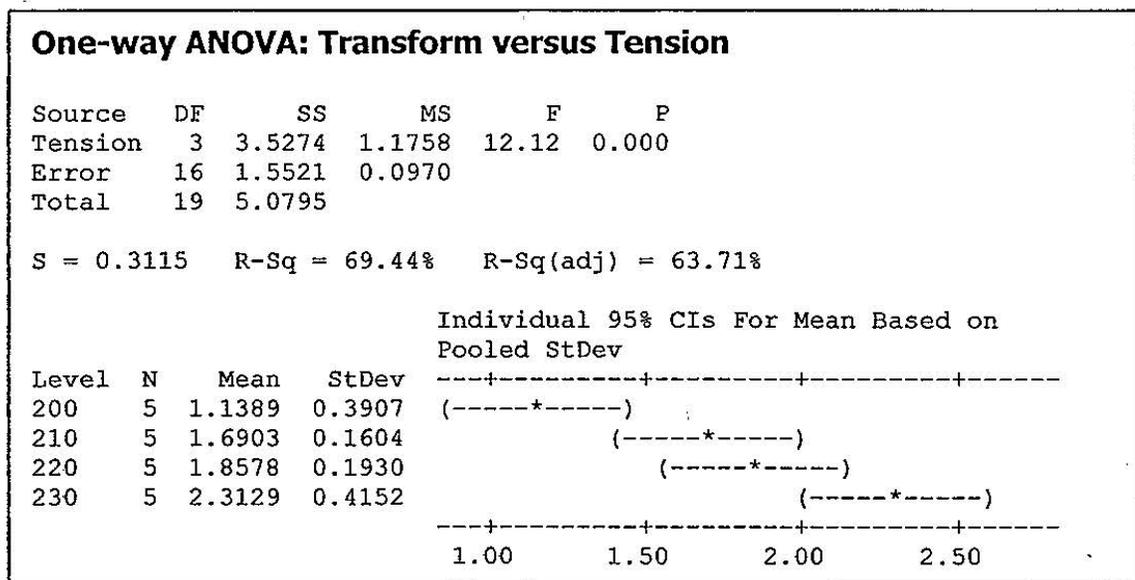
ผลการวิเคราะห์ในรูป 4.28 พบว่าค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 21 ซึ่งแบ่ง 4 ระดับ ซึ่งได้แก่ 45, 55, 65 และ 75 kmf/m² นั้น มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า p-value เท่ากับ 0.004 และเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องในแต่ละระดับพบว่า ที่แรงดึงระดับ 45 kmf/m² จะมีค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องเกิดน้อยที่สุด รองลงมาคือ 65 55 และ 75 kmf/m² ตามลำดับ



รูป 4.28 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 21

(2) ผลการทดลองที่เครื่องทอหมายเลข 26

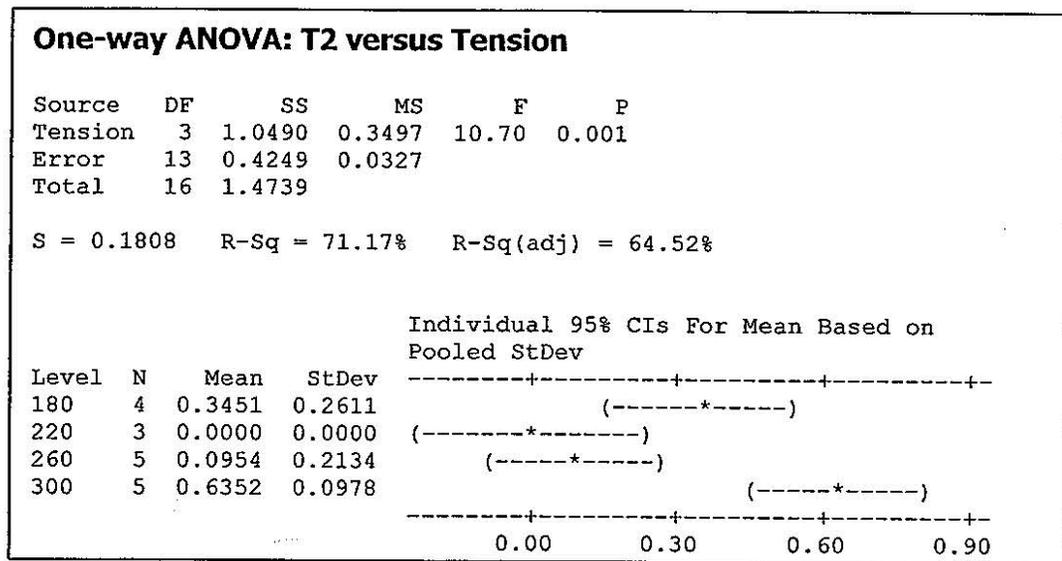
ผลการวิเคราะห์ในรูป 4.29 พบว่าค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 26 ซึ่งแบ่ง 4 ระดับ ซึ่งได้แก่ 200, 210, 220 และ 230 kmf/m² นั้น มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า p-value เท่ากับ 0.000 และเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องในแต่ละระดับพบว่า ที่แรงดึงระดับ 200 kmf/m² จะมีค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องเกิดน้อยที่สุด รองลงมาคือ 210 220 และ 230 kmf/m² ตามลำดับ



รูป 4.29 ผลการวิเคราะห์ของเครื่องทอหมายเลข 26

(3) ผลการทดลองที่เครื่องทอหมายเลข 32

ผลการวิเคราะห์ในรูป 4.30 พบว่าค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 32 ซึ่งแบ่ง 4 ระดับ ซึ่งได้แก่ 180, 220, 260 และ 300 kmf/m² นั้น มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการตั้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มีค่า p-value เท่ากับ 0.001 และเมื่อดูจากค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องในแต่ละระดับพบว่า ที่แรงดึงระดับ 220 kmf/m² จะมีค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องเกิดน้อยที่สุด รองลงมาคือ 260 180 และ 300 kmf/m² ตามลำดับ



รูป 4.30 ผลการวิเคราะห์ค่าแรงดึงของเครื่องทอหมายเลข 32

4.4.1.4 หาค่าแรงดึงที่เหมาะสม

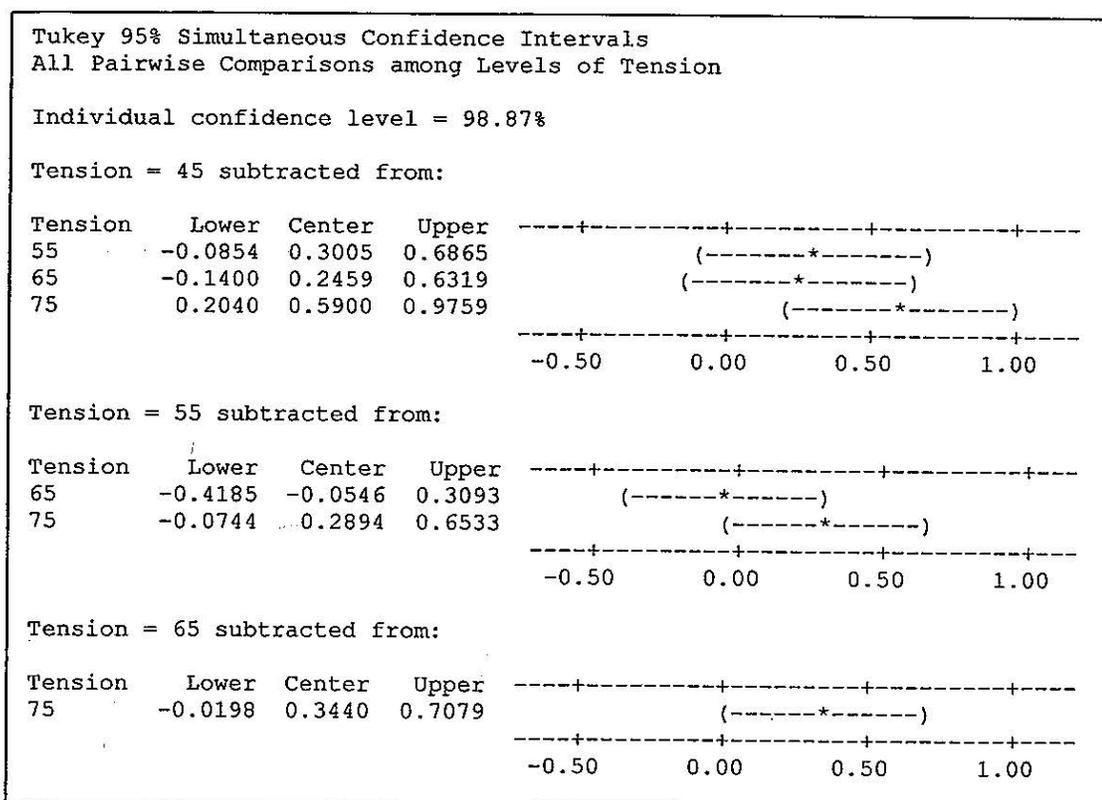
จากการวิเคราะห์ผลในข้อ 4.4.1.2 ทำให้ทราบว่าค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดจากการตั้งเครื่องที่ค่าแรงดึงต่างๆ มีบางคู่ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นดังกล่าว ว่าค่าของแรงดึงคู่ใดบ้างที่ส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธี Tukey's Test เพื่อหาว่าค่าแรงดึงระดับใดที่จะทำให้ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องต่ำที่สุด โดยมีผลเป็นดังนี้

(1) เครื่องทอหมายเลข 21

เมื่อวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทดลองพบว่า แรงดึงระดับ 45 kmf/m² เกิดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำที่สุด และเมื่อดูผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆเป็นดังรูป 4.31 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผืนงานจากการตั้งค่าแรงดึงของเครื่องที่ระดับ 45 kmf/m² แตกต่างกับข้อบกพร่องที่เกิดจากการตั้งเครื่องที่ระดับ 75 kmf/m² แต่ไม่แตกต่างจากการตั้งเครื่องที่ระดับ 55 บาร์และ 65 kmf/m² แต่อย่างไรก็ตามการตั้ง

เครื่องทอที่ระดับ 45 kmf/m² ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องต่ำสุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงดึงระดับ 45 kmf/m² เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำสุด

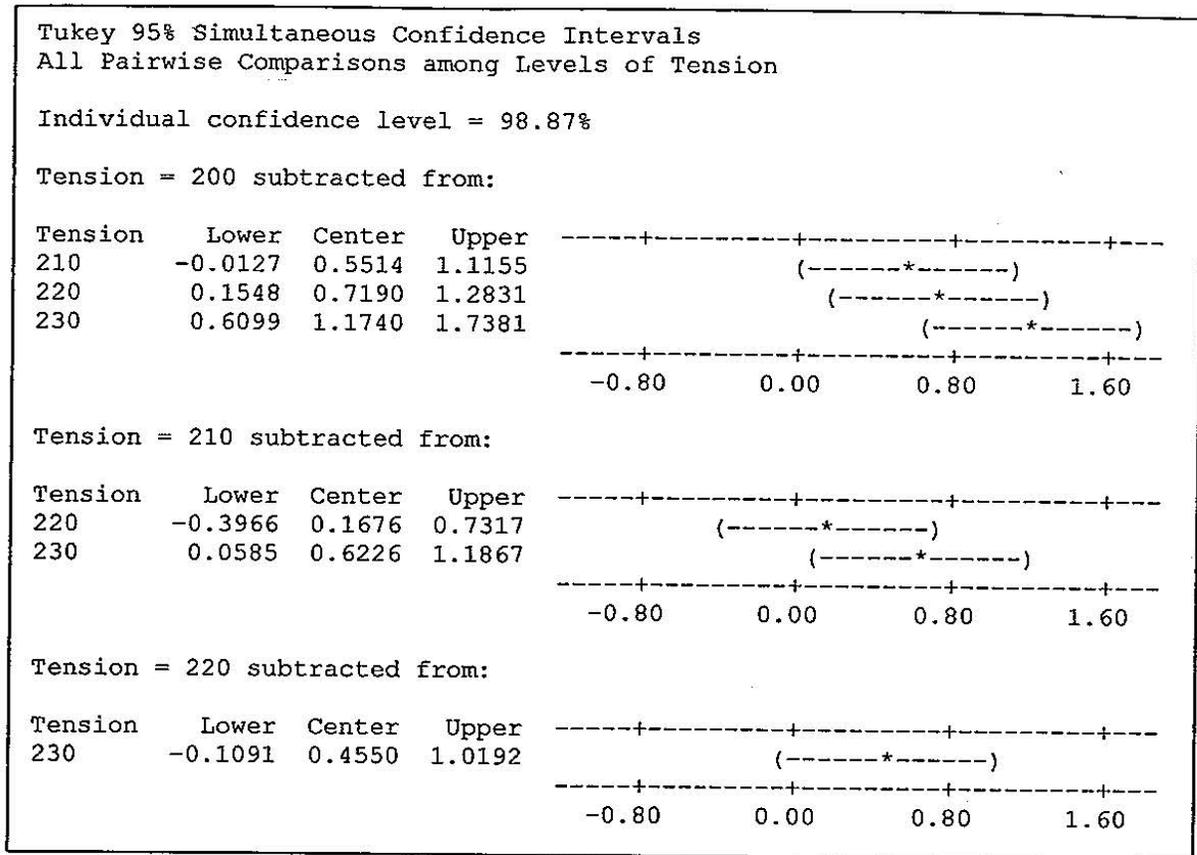
จากการปฏิบัติงานจริงจะพบว่าแรงดึงของเครื่องจะมีค่าที่ไม่นิ่ง และจะอยู่ในช่วงบวกลบไม่เกิน 20-30 kmf/m² จากค่าที่กำหนด ดังนั้นค่าแรงดึงคู่ใดที่ไม่แตกต่างกันจึงควรเลือกค่าแรงดึงค่าต่ำมาตั้งเครื่อง เพราะจะได้เผื่อค่าที่เป็นบวกไว้ ค่าแรงดึงจะได้ไม่สูงเกินไป ซึ่งจะเป็นผลทำให้ลดขาดได้



รูป 4.31 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆ
(เครื่องทอหมายเลข 21)

(2) เครื่องทอหมายเลข 26

เมื่อวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทดลองพบว่า แรงดึงระดับ 200 kmf/m² เกิดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำที่สุด และเมื่อดูผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆเป็นดังรูป 4.32 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผืนงานจากการตั้งค่าแรงดึงของเครื่องที่ระดับ 200 kmf/m² แตกต่างกับข้อบกพร่องที่เกิดจากการตั้งเครื่องที่ระดับอื่นๆ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงดึงระดับ 200 kmf/m² เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำสุด

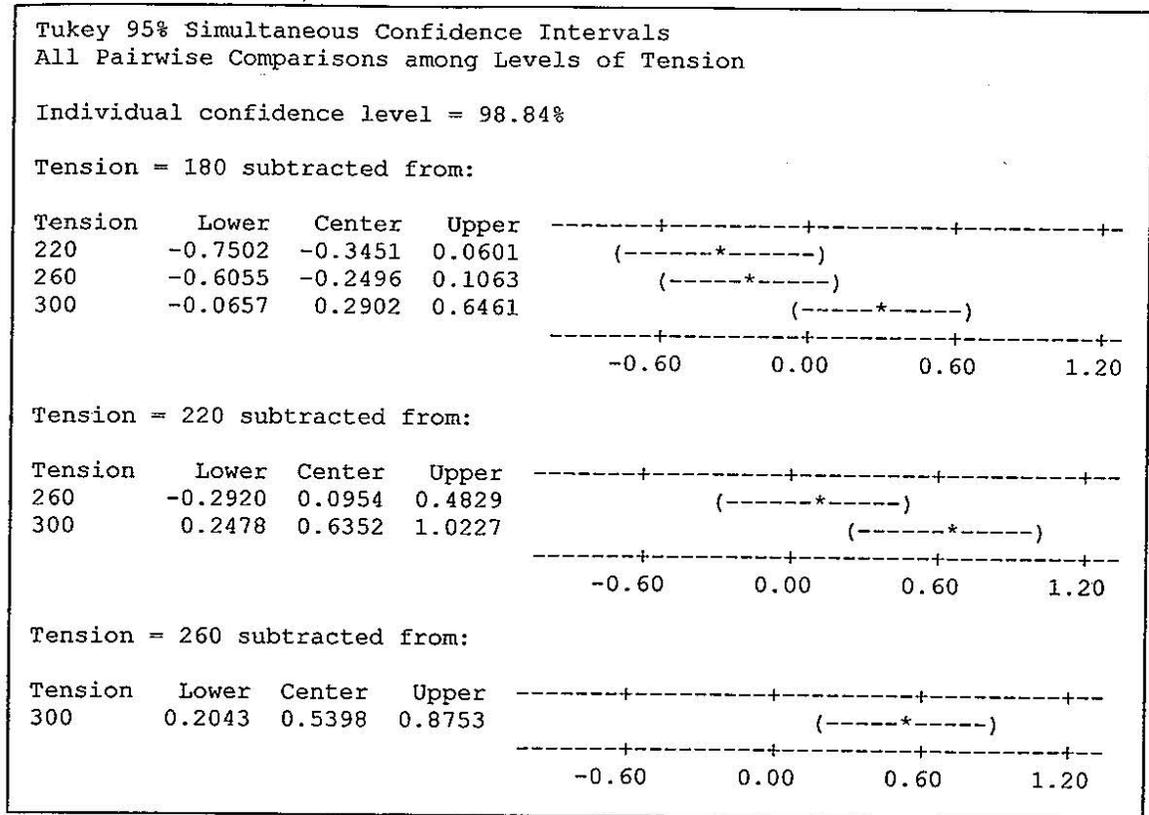


รูป 4.32 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอดด้วยแรงดึงค่าต่างๆ
(เครื่องทอหมายเลข 26)

(3) เครื่องทอหมายเลข 32

เมื่อวิเคราะห์จากค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทดลองพบว่า แรงดึงระดับ 220 kmf/m^2 เกิดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำที่สุด และเมื่อดูผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอดด้วยแรงดึงค่าต่างๆเป็นดังรูป 4.33 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผืนงานจากการตั้งค่าแรงดึงของเครื่องที่ระดับ 220 kmf/m^2 แตกต่างกับข้อบกพร่องที่เกิดจากการตั้งเครื่องที่ระดับ 300 kmf/m^2 แต่ไม่แตกต่างจากการตั้งเครื่องที่ระดับ 180 kmf/m^2 และ 260 kmf/m^2

จากการปฏิบัติงานจริงจะพบว่าแรงดึงของเครื่องจะมีค่าที่ไม่นิ่ง และจะอยู่ในช่วงบวกลบไม่เกิน 20-30 kmf/m^2 จากค่าที่กำหนด ดังนั้นค่าแรงดึงคู่ใดที่ไม่แตกต่างกันจึงควรเลือกค่าแรงดึงค่าต่ำมาตั้งเครื่อง เพราะจะได้เผื่อค่าที่เป็นบวกไว้ ค่าแรงดึงจะได้ไม่สูงเกินไป ซึ่งจะเป็นผลทำให้ลดขาดได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแรงดึงระดับ 180 kmf/m^2 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่ำสุด



รูป 4.33 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการทอด้วยแรงดึงค่าต่างๆ
(เครื่องทอหมายเลข 32)

4.4.2 ผลการแก้ไขปัญหาคือทำให้เกิดข้อบกพร่อง Draw Over

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ ทำให้ทราบว่า การใช้ลวดลูกเล็กที่เหลือจากการพันบีมหลอดใหญ่ ทำให้เกิดจุดต่อในผืนงานหลายจุด และช่วงจุดต่อนี้เองที่เป็นสาเหตุให้เกิด Draw Over และอีกสาเหตุหนึ่งเกิดจากแท่นสำหรับใส่หลอดลวด (Bobbin Stand) แบบเดิมไม่สามารถติดตามได้ว่าลวดจะหมดม้วนเมื่อใด ทำให้พนักงานไม่ได้ทำการจอดเครื่องเพื่อเปลี่ยนลวดก่อนที่ลวดจะหมด เป็นสาเหตุทำให้ลวดหลุดและเครื่องจอดผิดตำแหน่ง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ ดังนั้นจึงดำเนินการปรับปรุง โดยใช้วิธีการปรับปรุงแก้ไขและเครื่องมือดังตาราง 4.10

4.4.2.1 การเปลี่ยนวิธีการใช้ลวดในการทอ

จากการปรับปรุงวิธีการทำงาน โดยการเปลี่ยนจากการใช้ลวดลูกเล็กทอต่อกันทั้งผืนงานมาเป็นการ กระจายการใช้ลวดลูกเล็กสลับกับลวดลูกใหญ่ในการทอลวด ตามสัดส่วนการรับเข้าของห้องทอแต่ละล็อตการผลิต ช่วยลดจุดต่อของลวดแต่ละผืนงาน ทำให้ลดข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น และลดระยะเวลาในการต่อลวดเมื่อลวดหมดม้วนอีกด้วย ซึ่งข้อมูลจากการปรับปรุงวิธีการ

ทำงานนี้ได้ผลดังตาราง ก.1-ก.2 ในภาคผนวก ก และเมื่อทำการทดสอบสมมติฐานแบบ Mann-Whitney Test เปรียบเทียบจำนวนข้อบกพร่องบนชิ้นงานก่อนและหลังปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน ได้ผลดังรูป 4.34

Mann-Whitney Test and CI: Before, After		
	N	Median
Before	10	2.500
After	10	0.500
Point estimate for ETA1-ETA2 is 2.000		
95.5 Percent CI for ETA1-ETA2 is (1.000,3.000)		
W = 145.0		
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0028		

รูป 4.34 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อบกพร่อง Draw Over ก่อนและหลังปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน

จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.0028 ซึ่งสรุปได้ว่าวิธีการทำงานแบบใหม่ทำให้จำนวนข้อบกพร่องบนชิ้นงานลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.2.2 การป้องกันข้อผิดพลาดในการทำงาน

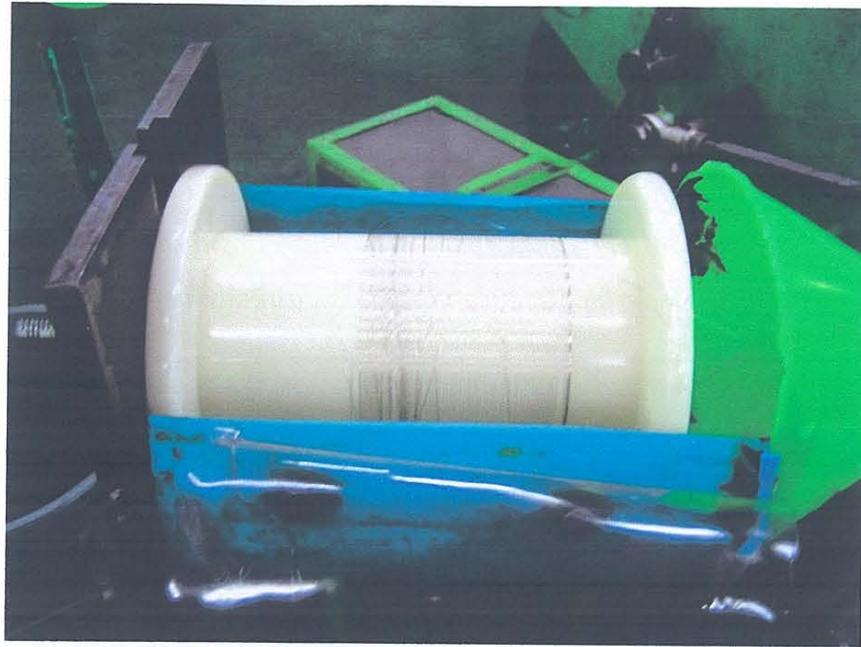
แท่นสำหรับใส่หลอดลวดแบบใหม่ได้ออกแบบตามหลักการป้องกันความผิดพลาดในการทำงานเพื่อช่วยควบคุมและป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ซึ่งช่วยควบคุมการเกิดข้อบกพร่องในการผลิตได้ รูป 4.35 เป็นรูปแท่นสำหรับใส่หลอดลวดแบบเดิมก่อนทำการปรับปรุงใหม่เป็นดังรูป 4.36 จากรูปจะเห็นว่าแท่นสำหรับใส่หลอดลวดหลังปรับปรุง มีส่วนฐานที่รองรับหลอดลวดไม่ให้มีรู เพื่อป้องกันไม่ให้ลวดไปตะหวัด โคนแท่นขณะทำการทอ ซึ่งจะทำให้ลวดขาด และติคเซนเซอร์ไว้ด้านล่าง เพื่อเป็นสัญญาณเตือนพนักงานเมื่อลวดใกล้จะหมดม้วน คือเมื่อลวดใกล้หมดม้วนดังรูป 4.37 สปริงจะดึงตัวเซนเซอร์ให้แตะกับแกนหลอดตรงส่วนที่เป็นพลาสติกดันม้วน ทำให้สัญญาณไฟที่อยู่ติดกับตัวเครื่องในรูป 4.38 แสดงเตือนเป็นสีเขียว เพื่อป้องกันไม่ให้ลวดหลุด พนักงานประจำเครื่องจะต้องเตรียมพร้อมที่จะจอดเครื่องอย่างถูกวิธีก่อนทำการเปลี่ยนลวดหลอดใหม่ เพราะหากลวดหมดม้วนก่อนสัญญาณเตือนเป็นสีแดง เครื่องทอจะจอดอัตโนมัติทำให้ลวดหลุด และเกิดระยะห่างในการต่อลวดใหม่ ทำให้กลายเป็นข้อบกพร่อง



รูป 4.35 แท่นสำหรับใส่หลอดลวด (Bobbin Stand) ก่อนปรับปรุง



รูป 4.36 แท่นสำหรับใส่หลอดลวด (Bobbin Stand) หลังปรับปรุง



รูป 4.37 ลักษณะเมื่อลวดไกล์หคม้วน



รูป 4.38 ไฟสัญญาณเตือนเมื่อลวดไกล์หคม้วนและหคม้วน

นำแท่นสำหรับใส่หลอดลวดแบบใหม่ไปทดลองใช้กับเครื่องทอหมายเลข 20 และ 21 ซึ่งเป็นเครื่องทอหลักในการผลิต แต่เนื่องจากทั้งสองเครื่องตั้งค่าแรงดึงในการทอต่างกัน จึงได้ทำการ

วิเคราะห์เปรียบเทียบผลการใช้อุปกรณ์แบบเดิมและแบบใหม่แยกกัน ได้ผลดังตาราง ก.1-ก.6 ในภาคผนวก ค และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลจากการทดลอง โดยการทดสอบสมมติฐานแบบ Mann-Whitney Test ผลของเครื่องทอหมายเลข 20 ดังแสดงในรูป 4.39 และเครื่องทอหมายเลข 21 ดังแสดงในรูป 4.40 จะเห็นได้ว่าเครื่องทอหมายเลข 20 ค่า p-value เท่ากับ 0.0002 และเครื่องทอหมายเลข 21 ได้ค่า p-value เท่ากับ 0.0173 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้แทนใส่หลอดลวดแบบใหม่มีผลทำให้จำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Mann-Whitney Test and CI: Defect (unmodified), Defect (modified), MC#20

	N	Median
Defect (unmodified)	10	15.000
Defect (modified)	10	3.000

Point estimate for ETA1-ETA2 is 11.000
 95.5 Percent CI for ETA1-ETA2 is (10.000,13.001)
 W = 155.0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0002

รูป 4.39 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อบกพร่อง Draw Over ของเครื่องทอหมายเลข 20

Mann-Whitney Test and CI: Defect (unmodified), Defect (modified), MC#21

	N	Median
Defect (unmodified)	10	3.500
Defect (modified)	10	1.500

Point estimate for ETA1-ETA2 is 2.000
 95.5 Percent CI for ETA1-ETA2 is (-0.000,3.000)
 W = 137.0
 Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 not = ETA2 is significant at 0.0173

รูป 4.40 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้อบกพร่อง Draw Over ของเครื่องทอหมายเลข 21

4.4.3 ผลการแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้

ข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้มักเกิดขึ้นตอนพนักงานหยุคเดินเครื่องล้าง เพื่อนำฝืนงานออกจากเครื่อง เพราะฝืนงานจะสัมผัสโดยตรงกับตัวให้ความร้อนที่เป่าฝืนงานให้แห้ง ทำให้เกิดรอยไหม้บนฝืนงาน จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ระดมสมองกับพนักงานที่ทำการควบคุมเครื่องล้างในการหาแนวทางแก้ไขปัญหามาโดยการนำเอาแผ่นพลาสติกมาถักั้นระหว่างเครื่องและฝืนงานขณะทำการจอดเครื่อง ทั้งนี้ยังได้กำหนดมาตรฐานในขั้นตอนการนำฝืนงานออกจากเครื่องล้างโดยใช้เครื่องมือดังตาราง 4.11 การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานจากเดิมคือ นำฝืนงานออกจากเครื่องล้างโดยทำการหยุคเครื่องโดยฝืนงานจะสัมผัสกับตัวให้ความร้อนที่ใช้เป่าฝืนงานให้แห้ง โดยตรงดัง

รูป 4.41 ทำให้เกิดรอยไหม้ ดังนั้นจึงเปลี่ยนมาใช้แผ่นพลาสติกกั้นระหว่างฝืนงานกับตัวให้ความร้อนเพื่อป้องกันความร้อนสัมผัสกับฝืนงาน โดยตรงดังรูป 4.42



รูป 4.41 การล้างฝืนงานก่อนใช้อุปกรณ์ช่วยป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้



รูป 4.42 การล้างฝืนงานโดยใช้อุปกรณ์ช่วยป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้

จากการปรับปรุงวิธีการทำงานโดยการใช้แผ่นพลาสติกมาช่วยกั้นระหว่างเครื่องและฝืนงานขณะจอดเครื่อง นำความยาวของฝืนงานที่ตัดออกเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้ก่อนและหลังปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานในดังตาราง ค.5 มาทำการเปรียบเทียบโดยการทดสอบ

สมมติฐานแบบ Two Sample t-Test ได้ผลดังรูป 4.43 และจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวพบว่า ค่า p-value เท่ากับ 0.006 ซึ่งสรุปได้ว่าวิธีการทำงานแบบใหม่ทำให้ความยาวที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Two-Sample T-Test and CI: Defect (unmodified), Defect (modified)				
Two-sample T for Defect (unmodified) vs Defect (modified)				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Defect (unmodified)	10	1.290	0.451	0.14
Defect (modified)	10	0.570	0.568	0.18
95% CI for difference: (0.238, 1.202)				
T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 3.14				
P-Value = 0.006 DF = 18				
Both use Pooled StDev = 0.5126				

รูป 4.43 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่องก่อนและหลังการป้องกันรอยไหม้

4.4.4 ผลการแก้ไขปัญหาค่าที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ

จากการศึกษาถึงสาเหตุการเกิด MK-Wash ชนิดคราบน้ำ พบว่ามี 3 ปัจจัยที่อาจจะมีผลต่อข้อบกพร่องนี้ คือ อัตราการไหลของน้ำฉีด ความเร็วของเครื่องล้าง และระดับของแรงดันลมในการเป่าแห้ง ดังนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experimental) แบบเต็มรูปแบบ (Full Factorial 2³) เพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผล จากนั้นทำการหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย ซึ่งผลจากการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดปัจจัยในการศึกษาดังตาราง 4.13 โดยมีผลตอบคือความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำบนผืนงาน ได้ผลดังแสดงตาราง จ.1 ในภาคผนวก จ

ตาราง 4.13 ปัจจัยในการทดลองแบบ Full Factorial (2³)

Factors		Levels	
		Low (-1)	High (+1)
A	อัตราการไหลของน้ำ (L/min)	0.48	0.75
B	ระดับแรงดันลม (ระดับ)	6	7
C	ความเร็วของเครื่องในการล้าง(m/min)	2.0	2.3

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทดลองแบบ Full Factorial 2³ ดังนี้

(1) การประมาณผลกระทบจากการทดลอง

ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์เชิงสถิติสำหรับการออกแบบการทดลองนั้น ต้องประมาณผลกระทบของทอมต่างๆ ตรวจสอบเครื่องหมายและขนาดของผลที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ทราบว่าปัจจัยและอันตรกิริยาใดมีความสำคัญ แสดงดังตาราง 4.14 โดยมีผลตอบของการทดลองคือ ความยาวของฝืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง

ตาราง 4.14 การประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อผลตอบความยาวของฝืนงานที่เกิดขึ้นจากการเกิดข้อบกพร่อง

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		2.8400	0.2316	12.26	0.000
Water flow rate (A)	2.9225	1.4612	0.2316	6.31	0.000*
Pressure level (B)	-0.7950	-0.3975	0.2316	-1.72	0.124
Speed of M/C (C)	1.8025	0.9013	0.2316	3.89	0.005*
AB	0.4475	0.2238	0.2316	0.97	0.362
AC	1.5950	0.7975	0.2316	3.44	0.009*
BC	-1.0725	-0.5363	0.2316	-2.32	0.049*
ABC	0.1200	0.0600	0.2316	0.26	0.802

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีเครื่องหมาย (*) เป็นปัจจัยหลักและอันตรกิริยาอันดับสองที่มีผลต่อข้อมูลผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

S = 0.926249 R-Sq = 90.49% R-Sq (adj) = 82.17%

ค่า R-Sq และ R-Sq (adj) มีค่า 90.49% และ 82.17% ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้

- 1) R-Sq 90.49% แสดงว่าแบบจำลอง (Model) นี้สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลผลตอบที่มีผลเกิดจากตัวแปรปัจจัย (X) อยู่ 90.49%
- 2) R-Sq (adj) 82.17% เป็นค่าที่มีความหมายเหมือน R-Sq แต่คิดจำนวนพจน์ในส่วนที่พยากรณ์ คือ อัตราการไหลของน้ำฉีด (A), ความเร็วของเครื่องล้าง (C), อันตรกิริยาระหว่างอัตราการไหลของน้ำฉีดกับความเร็วของเครื่องล้าง (AC) และ อันตรกิริยาระหว่างแรงดันลมกับความเร็วของเครื่องล้าง (BC)

(2) การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น

แบบจำลองเริ่มต้นจะประกอบด้วยผลกระทบหลักและอันตรกิริยาร่วมของปัจจัยทั้งหมด จากค่าสัมประสิทธิ์ของการทดลองในตาราง 4.14 ซึ่งคำนวณจากค่าผลกระทบของแต่ละปัจจัยหารด้วยสอง โดยสมการ \hat{y}_i คือค่าพยากรณ์ความยาวของผืนงานที่เกิดขึ้นจากการเกิดข้อบกพร่อง ในสมการแทนด้วยตัวแปร Code Unit (+1 และ -1) ซึ่งสามารถเขียนได้ดังสมการ (4.3)

$$\hat{y}_i = 2.84 + 1.46X_A - 0.40X_B + \dots + 0.12X_{ABC} \quad (4.3)$$

โดย X_A คือ ค่าเข้ารหัส (Code Value) ของปัจจัย A

X_B คือ ค่าเข้ารหัส (Code Value) ของปัจจัย A

.

.

X_{ABC} คือ ค่าเข้ารหัส (Code Value) ของอันตรกิริยาอันดับ 3 ของปัจจัย ABC

(3) การทดสอบทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance ; ANOVA) เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญและความสำคัญของผลกระทบของปัจจัยของการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (Montgomery, 2005) จะนำสัดส่วนของความแปรปรวน (F Distribution) มาใช้ตัดสินใจเกี่ยวกับความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลกระทบแต่ละปัจจัย

Source of Variation	DF	Sum of Squares	Mean Square	F_0	p-Value
Water flow rate (A)	1	34.1640	34.1640	39.82	0.000*
Pressure level (B)	1	2.5281	2.5281	2.95	0.124
Speed of M/C (C)	1	12.9960	12.9960	15.15	0.005*
AB	1	0.8010	0.8010	0.93	0.362
AC	1	10.1761	10.1761	11.86	0.009*
BC	1	4.6010	4.6010	5.36	0.049*
ABC	1	0.0576	0.0576	0.07	0.802
Error	8	6.8635	0.8579		
Total	15	72.1874			

หมายเหตุ : ตัวเลขที่มีเครื่องหมาย (*) เป็นปัจจัยหลักและอันตรกิริยาอันดับสองที่มีผลต่อข้อมูลผลตอบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ในการพิจารณาความเหมาะสมของแบบจำลองที่สร้างขึ้นนั้น สามารถตัดสินใจจากค่าผลรวมกำลังสองของข้อมูล ซึ่งปัจจัยที่มีค่าผลรวมกำลังสองมากจะเป็นปัจจัยที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลอง ส่วนปัจจัยที่มีค่าผลรวมกำลังสองที่น้อยสามารถตัดทิ้งได้ จากการพิจารณาค่าผลรวมกำลังสองที่คำนวณได้ในตาราง 4.15 พบว่าผลรวมกำลังสองของผลกระทบ A C AC และ BC มีค่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยและอันตรกิริยาร่วมอื่นๆ จึงสามารถสรุปได้ว่าผลกระทบทั้ง 4 ตัวที่กล่าวข้างต้นควรจะปรากฏในแบบจำลอง โดยเมื่อพิจารณาจากค่า p-value พบว่าเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือปัจจัยของผลกระทบทั้ง 4 ตัว มีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่ามีผลค่าความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่องอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

(4) แก้ไขแบบจำลอง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลกระทบ พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อข้อมูลผลตอบ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้แก่

1. อัตราการไหลของน้ำฝืด (A)
2. ความเร็วของเครื่องล้าง (C)
3. อันตรกิริยาระหว่างอัตราการไหลของน้ำฝืดกับความเร็วของเครื่องล้าง (AC)
4. อันตรกิริยาระหว่างแรงดันลมกับความเร็วของเครื่องล้าง (BC)

เมื่อทราบปัจจัยที่มีผลต่อข้อมูลผลตอบ ทำการลดรูปแบบจำลอง โดยการดึงเอาตัวแปรที่ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญออกจากแบบทดลองเต็มรูปแบบ แต่เนื่องจากอันตรกิริยาระหว่างแรงดันลมกับความเร็วของเครื่องล้างมีผล จึงยังคงคงปัจจัย B ไว้ในแบบจำลอง ถึงแม้ปัจจัย B จะไม่มีผลก็ตาม ซึ่งเป็นตามหลักการ Hierarchy Principle (Montgomery, 2009) ทำให้ได้ผลดังตาราง 4.16 และสร้างสมการจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อข้อมูลผลตอบ ดังสมการ (4.4) และ (4.5)

Code Factor :

$$\hat{y}_i = 2.84 + 1.46X_A - 3.40 X_B + 0.90X_C + 0.80X_{AC} - 0.53X_{BC} \quad (4.3)$$

Actual Factor :

$$\hat{y}_i = -59.41 - 73.85X_A + 14.58 X_B + 282.63X_C + 393.83X_{AC} - 71.50X_{BC} \quad (4.4)$$

ตาราง 4.16 การประมาณผลกระทบและระดับความเชื่อมั่นของปัจจัยในการทดลองที่มีผลต่อผลตอบ
ความยาวของผืนงานที่เกิดขึ้นจากการเกิดข้อบกพร่อง โดยคิดเฉพาะพจน์ที่มีนัยสำคัญ

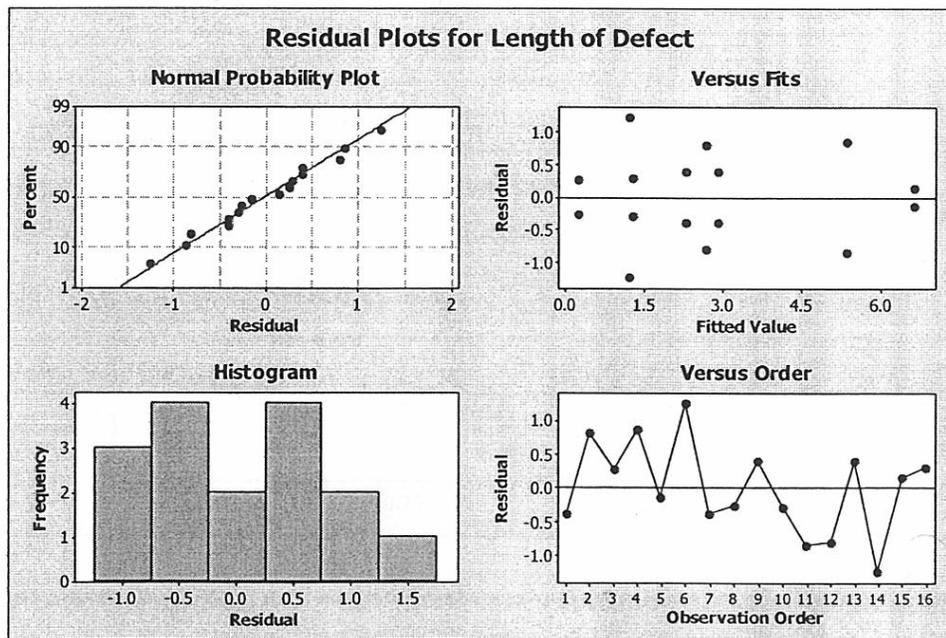
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		2.8400	0.2197	12.93	0.000
Water flow rate	2.9225	1.4612	0.2197	6.65	0.000
Pressure level	-0.7950	-0.3975	0.2197	-1.81	0.101
Speed of M/C	1.8025	0.9013	0.2197	4.10	0.002
AC	1.5950	0.7975	0.2197	3.63	0.005
BC	-1.0725	-0.5363	0.2197	-2.44	0.035

S = 0.8788 R-Sq = 89.30% R-Sq (adj) = 83.95%

จากการวิเคราะห์ค่าหลังจากทำการปรับแบบจำลองพบว่าค่า R-Sq เท่ากับ 89.30% และ R-Sq (adj) เท่ากับ 83.95% ซึ่งถือว่าแบบจำลองที่ได้ (Model) สามารถอธิบายความผันแปรของข้อมูลผลตอบได้อย่างมีนัยสำคัญที่มีผลเกิดจากตัวแปรของปัจจัยได้

(5) การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Analyze Residuals)

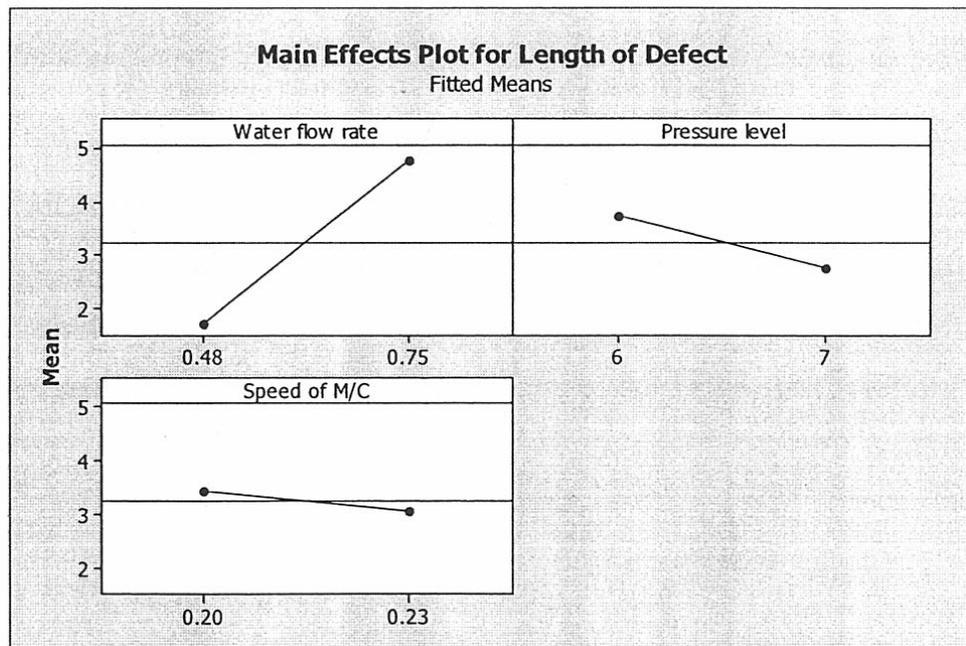
ทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้างเพื่อตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลองที่สร้างขึ้นและตรวจสอบความถูกต้องของสมมติฐานที่สร้างขึ้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของแบบจำลอง ได้ผลเป็นดังรูปที่ 4.44



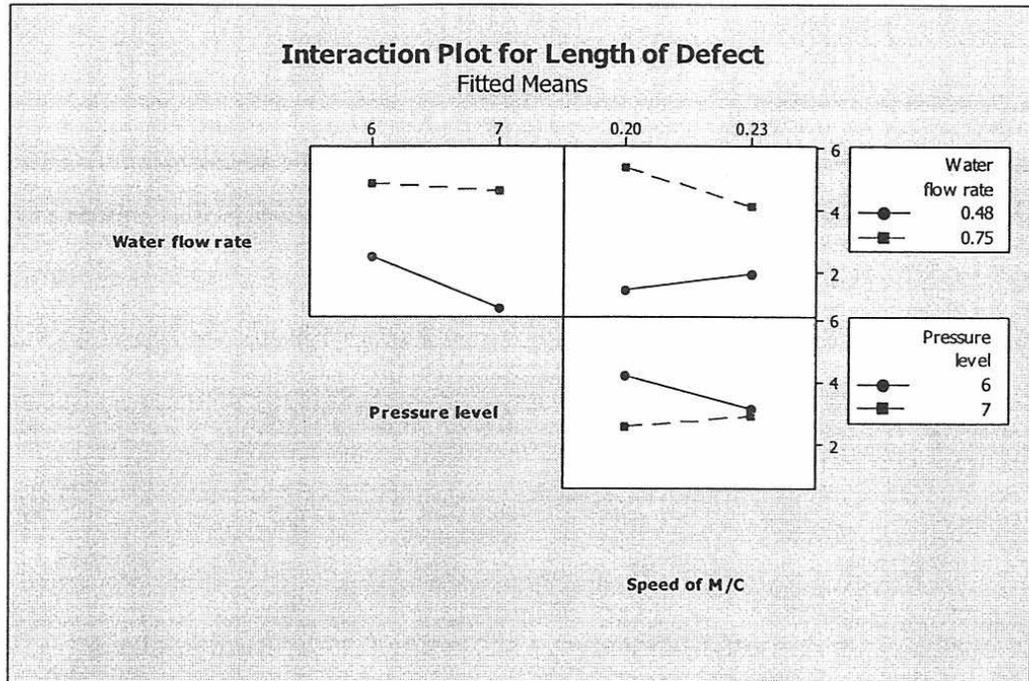
รูป 4.44 กราฟแสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบ

จากรูป 4.44 แสดงการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลเพื่อที่จะตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Residual Analysis for Model Adequacy) การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบในส่วนของกราฟความน่าจะเป็นแบบปกติของส่วนตกค้าง (Normal Probability Plot of the Residuals) พบว่าผลที่ได้จากการพล็อตกราฟเป็นแบบปกติ ส่วนตกค้างของข้อมูลมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและในส่วนของกราฟฮิสโตแกรมของส่วนตกค้าง (Histogram of the Residuals) พบว่ามี การกระจายตัวของส่วนตกค้างอยู่ในทุกช่วงของกราฟฮิสโตแกรม จึงสรุปได้ว่าการกระจายตัวของส่วนตกค้างของข้อมูลมีแนวโน้มการกระจายตัวเป็นแบบปกติ

การวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบในส่วนของกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับค่าที่ ถูกทำนาย (Residuals Versus the Fitted Values) ของผลตอบพบว่า การกระจายตัวของส่วนตกค้างมี ลักษณะกระจาย ไม่มีแนวโน้มเกิดขึ้น สามารถสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบอิสระ และในด้านการวิเคราะห์ส่วนตกค้างของข้อมูลผลตอบในส่วนของกราฟระหว่างส่วนตกค้างกับ ลำดับการทดลอง (Plot of Residuals Versus the Observation Order of the Data) ของข้อมูลผลตอบ พบว่าจุดที่พล็อตมีกระจายตัวแบบอิสระ กล่าวคือ จากผลการทดสอบสมมติฐานของส่วนตกค้าง ของข้อมูลผลตอบสามารถสรุปได้ว่าผลตอบมีส่วนตกค้างของข้อมูล (Residuals) มีการกระจายตัว แบบปกติและมีความแปรปรวนคงที่ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความเพียงพอที่จะใช้ในการทำนายข้อมูลผลตอบได้อย่างถูกต้อง



รูป 4.45 Main Effects Plot ของความยาวของผืนงานที่ถูกตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง

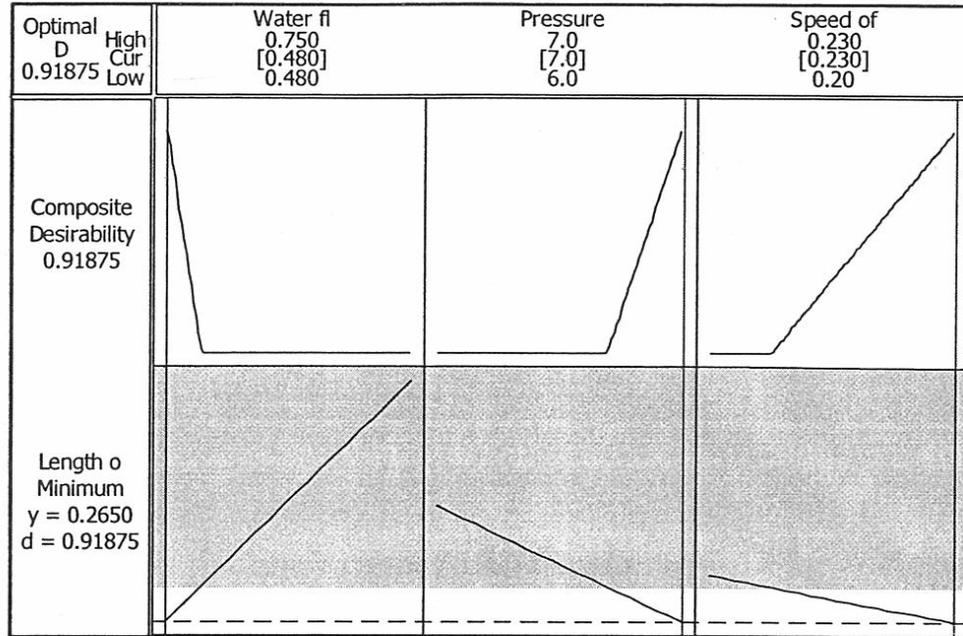


รูป 4.46 Interaction Plot ของความยาวของผืนงานที่ถูกตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง

รูป 4.45 ปัจจัยอัตราการไหลของน้ำฉีดและความเร็วของเครื่องล้าง มีผลต่อค่าผลตอบอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับรูป 4.46 พบว่าอันตรกิริยาระหว่างอัตราการไหลของน้ำฉีดกับความเร็วของเครื่องล้างและอันตรกิริยาระหว่างแรงดันลมกับความเร็วของเครื่องล้าง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในตาราง 4.16

(6) หาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลองสุดท้าย

หลังจากได้แบบจำลองที่เหมาะสมในข้อ (4) ทำการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม โดยการกำหนดค่าเป้าหมายในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดด้วยฟังก์ชันความพึงพอใจแบบเป้าหมายเท่ากับ 0 นั่นคือ ไม่ต้องการให้มีผลิตภัณฑ์มีตำหนิเกิดขึ้น เมื่อทำการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยโดยรวมของผลตอบ (Composite Desirability; D) เป็นดังรูป 4.47 ค่าความพึงพอใจโดยรวมของผลตอบเป้าหมาย เท่ากับ 0.265 และมีค่า desirability เท่ากับ 0.9188 ซึ่งระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเป็นดังตาราง 4.17



รูป 4.47 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลความยาวของฝืนงานที่เกิดข้อบกพร่อง

ตาราง 4.17 ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	ระดับที่เหมาะสม
อัตราการไหลของน้ำฉีด (ลิตร/นาที)	0.48*
ระดับแรงดันลม (ระดับ)	7
ความเร็วของเครื่องล้าง (เมตร/นาที)	0.23

หมายเหตุ : ระดับของอัตราการไหลของน้ำฉีด ในการทำงานจริงอาจทำการควบคุมได้ยาก ดังนั้นจึงกำหนดให้ควบคุมการเปิดวาล์วน้ำในระดับกลาง

(7) ทำการทดลองยืนยันเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ

ทำการทดลองเพื่อยืนยันผลการทดลอง เป็นการทดลองบนค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดข้อบกพร่องดังตาราง 4.17 แล้วเก็บข้อมูลความยาวของฝืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่องบนฝืนงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแบบเดิมและแบบใหม่อย่างละ 10 ม้วน ได้ผลดังตาราง จ.3 และจากการทดลองสรุปได้ว่าการปรับกระบวนการแบบใหม่สามารถลดความยาวของฝืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำจากเดิมเกิดขึ้นเฉลี่ย 0.59 เมตรเหลือ 0.40 เมตร สาเหตุที่ไม่สามารถลดลงได้มากนัก เนื่องมาจากลักษณะการเกิดคราบน้ำมักเกิดเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งบางครั้งอาจต้องทำการตัดตามลักษณะของรอยดำหนิ บางรอยอาจเกิดในแนวยาว บางรอยอาจเกิดในแนวขวาง

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบยืนยันผลกับ ค่าผลตอบที่ได้จากการแทนค่าในสมการทำนายพบว่า ค่าที่ได้จากการทดลองยืนยันผลมีค่าเท่ากับ 0.40 เมตร ส่วนค่าผลตอบที่ได้จากการแทนค่าจริงในสมการเท่ากับ 0.57 เมตร ซึ่งค่าทั้งสองใกล้เคียงกัน โดยที่ผลที่ได้จากการทดสอบยืนยันผลมีค่าน้อยกว่า ค่าผลตอบที่ได้จากการแทนค่าจริงในสมการทำนาย เท่ากับ 0.57 เมตร

4.5 ผลการควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อ การเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีตำหนิ นั้น มักจะเกิดจากสาเหตุต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม จึงจำเป็นต้องทำการควบคุมไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีก อีกทั้งยังเป็นการตรวจติดตามการทำงานในกระบวนการที่อาจเกิดความผิดปกติขึ้นได้ โดยการประเมินผลการดำเนินการที่ได้ทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องทุกขั้นตอนการผลิต ควบคุมและติดตามผลการดำเนินการโดยจัดทำและปรับปรุงแผนการควบคุมโดยใช้หลักสถิติในรูปแบบเอกสารปฏิบัติงานในการควบคุมคุณภาพ

4.5.1 การกำหนดแผนควบคุมเพื่อป้องกันการเกิดข้อบกพร่อง

การควบคุมกระบวนการตามแนวทางการปรับปรุงแก้ไขดังกล่าวส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงได้วางแผนควบคุมการเกิดข้อบกพร่องโดยการสร้างมาตรฐานในการทำงานด้วยหลักการ 5W1H ดังตาราง 4.18 ซึ่งแผนควบคุมนี้จะเป็นเอกสารที่ระบุถึงขั้นตอนการทำงาน กำหนดผู้มีหน้ารับผิดชอบที่ชัดเจน รวมถึงการจัดทำเอกสารเพื่อเป็นมาตรฐานการทำงานเพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติได้เหมือนกันและถูกต้อง

ตาราง 4.18 แผนการควบคุม (Control Plan)

ข้อบกพร่อง	การแก้ไข	วัตถุประสงค์	เมื่อไหร่	ผู้รับผิดชอบ	แผนก	มาตรการป้องกัน
Broken Warp	- ใช้แรงดึงที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองในการตั้งเครื่องทอ	- เพื่อให้ลวดแนวตั้งขาดและตาของผืนงานสม่ำเสมอ	- ทุกครั้งที่ตั้งเครื่องทอ	พนักงานฝ่ายผลิต	กระบวนการทอ	- ทำการตรวจเช็คแรงดึงของเครื่องเมื่อทำการทอได้ทุกๆ 5 ม้วน - ควบคุมแรงดึงของเครื่องให้คงที่ให้มีระดับของแรงดึงใกล้เคียงกับตอนตั้งเครื่องทอ
Draw Over	- ใช้ลวดหลดใหญ่ สลับกับหลดเล็ก	- เพื่อลดจำนวนจุดต่อของลวด	- ทุกครั้งที่เปลี่ยนลวด	พนักงานฝ่ายผลิต	กระบวนการทอ	- ใช้แผ่นตรวจสอบ (Check sheet) บันทึกการใช้ลวดเพื่อติดตามการเปลี่ยนลวดของพนักงานตรวจ
Mark-Wash (รอยใหม่)	- ใช้แทนใส่หลด ลวดแบบใหม่	- เพื่อป้องกันลวดขาดและลวดหลุด	- ทุกครั้งที่ทอลวด	พนักงานฝ่ายผลิต	กระบวนการทอ	- ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์และบำรุงรักษาอย่างต่อเนื่อง
Mark-Wash (คราบน้ำ)	- เปลี่ยนวิธีการทำงานในการนำผืนงานออกโดยใช้แผ่นพลาสติกกัน	- เพื่อป้องกันไม่ให้ผืนงานสัมผัสกับตัวให้ความร้อนโดยตรง	- ทุกครั้งที่หยุดเครื่องล้างหรือนำผืนงานออกจากเครื่อง	พนักงานตรวจสอบและล้างผืนงาน	กระบวนการตรวจสอบ	- จัดทำตารางบันทึกการปฏิบัติงานกำหนดมาตรฐานในการล้างผลิตภัณฑ์ Ni-200 เพื่อให้พนักงานเข้าใจวิธีการทำงานและสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ดังกำหนดในภาคผนวก จ
Mark-Wash (คราบน้ำ)	- นำระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ได้จากการทดลองมาใช้	- เพื่อลดการเกิดรอยคราบน้ำบนผืนงาน	- ทุกครั้งที่ตั้งเครื่องล้างหรือนำผืนงาน Ni-200	พนักงานตรวจสอบและล้างผืนงาน	กระบวนการตรวจสอบ	- จัดทำตารางบันทึกการปฏิบัติงานกำหนดมาตรฐานในการล้างผลิตภัณฑ์ Ni-200 เพื่อให้พนักงานเข้าใจวิธีการทำงานและสามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ดังกำหนดในภาคผนวก จ

4.5.2 การควบคุมและป้องกันไม่ให้เกิดซ้ำ โดยสร้างแผนภูมิควบคุม

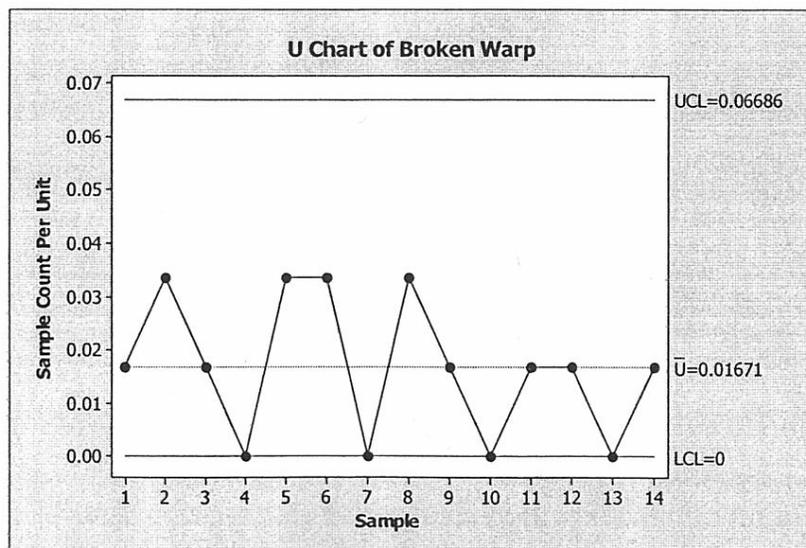
เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการวัดค่าผลตอบเป็น 2 แบบ คือ ข้อบกพร่องชนิด Broken Warp และ Draw Over ใช้ค่าผลตอบเป็นจุด ส่วน MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำ วัดค่าผลตอบเป็นความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง ดังนั้นในการเลือกใช้แผนภูมิในการควบคุมนี้จึงมี 2 แบบ นั่นคือ u-Chart สำหรับข้อบกพร่องที่วัดผลเป็นจำนวนจุดบกพร่องต่อลวดตาข่าย 1 ม้วน เนื่องจากแต่ละม้วนจะมีความยาวของผืนงานไม่เท่ากัน และใช้ I-MR Chart สำหรับข้อบกพร่องที่วัดผลเป็นความยาวที่ตัดออกเนื่องจากเกิดข้อบกพร่องต่อลวดตาข่าย 1 ม้วน จากนั้นทำการสร้างแผนภูมิควบคุมดังนี้

4.5.2.1 สร้างแผนภูมิควบคุม

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องของเครื่องทอหมายเลข 21 เดือนมิถุนายน 2554 แสดงดังตาราง ข.1 ในภาคผนวก ข มาเป็นตัวอย่างในการสร้างแผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจติดตามกระบวนการว่าอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ โดยทำการคำนวณหาขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control limit, UCL) ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control limit, LCL) และเส้นกึ่งกลาง (Center line, CL) สำหรับข้อบกพร่องทั้ง 4 ชนิด โดยใช้สูตรการคำนวณในข้อ 2.2.5 ในบทที่ 2 ได้ผลดังนี้

1) Broken Warp

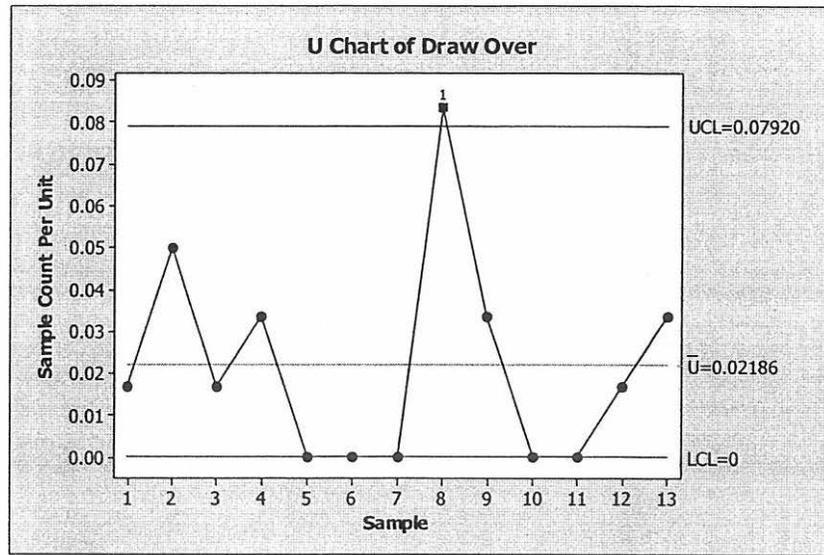
แผนภูมิควบคุม u-Chart รูป 4.48 คำนวณหาขีดจำกัดโดยใช้ค่า \bar{u} เฉลี่ยเท่ากับ 59.83 จากรูปแสดงให้เห็นว่าจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอยู่ภายในเส้นควบคุม โดยค่ากึ่งกลาง (CL) เท่ากับ 0.01671 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 0.06686 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 0 ดังนั้นจึงใช้ค่า UCL, LCL นี้ในการควบคุมและเฝ้าระวังการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตต่อไป



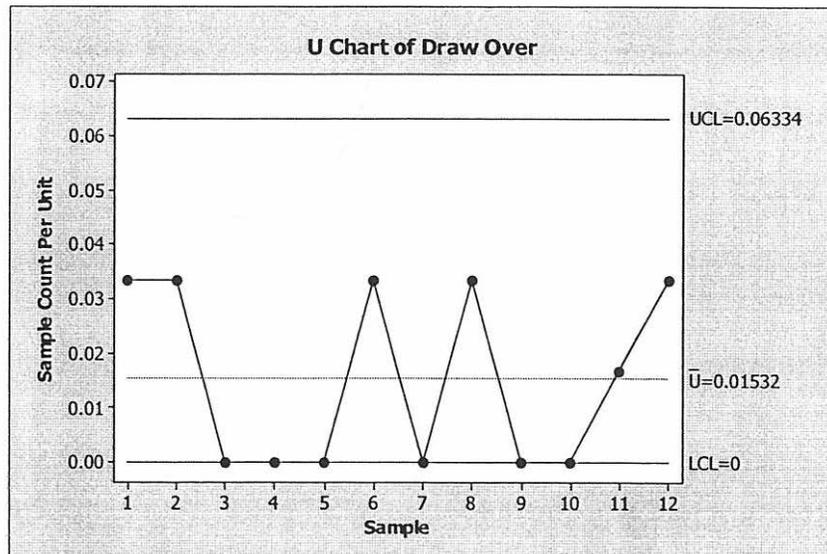
รูป 4.48 แผนภูมิควบคุม u-Chart ของข้อบกพร่อง Broken Warp

2) Draw Over

แผนภูมิควบคุมในรูป 4.49 คำนวณหาขีดจำกัดโดยใช้ค่า u เฉลี่ย เท่ากับ 59.83 จากรูปแสดงให้ เห็นว่ามีจุดของข้อมูลข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น 1 จุดอยู่นอกขีดจำกัดควบคุม จึงทำการปรับปรุงแผนภูมิใหม่ โดยการตัดข้อมูลที่มีความผิดปกติออกแล้วนำข้อมูลที่เหลือ ทำการคำนวณขีดจำกัดควบคุม และสร้างแผนภูมิควบคุมใหม่ได้ดังรูป 4.50



รูป 4.49 แผนภูมิควบคุม u-Chart ของข้อบกพร่อง Draw Over



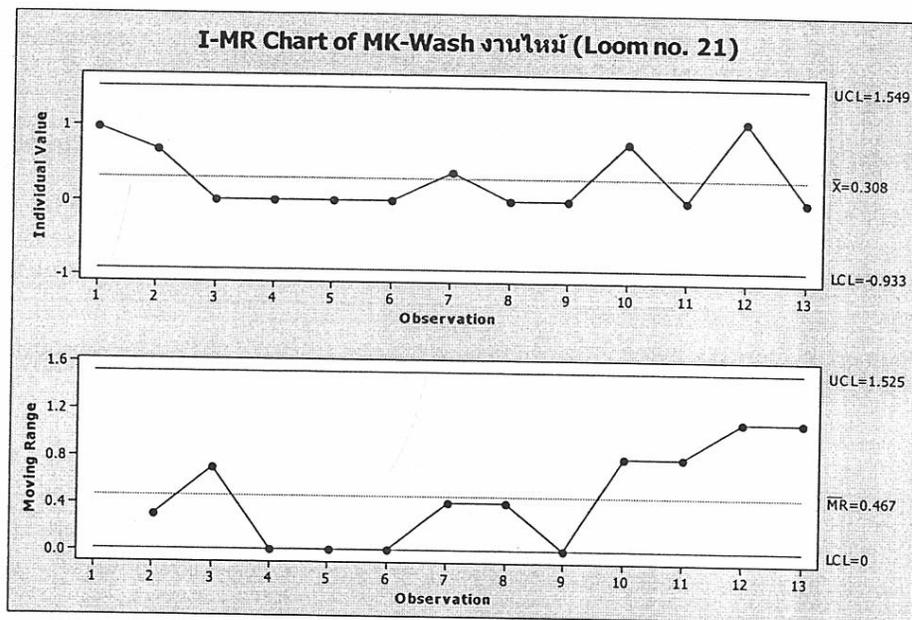
รูป 4.50 แผนภูมิควบคุม u-Chart ของข้อบกพร่อง Draw Over (หลังปรับปรุง)

รูป 4.50 แสดงให้เห็นว่าจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอยู่ภายในเส้นควบคุมหลังจากการตัดข้อมูลออกไป 1 ข้อมูล แล้วทำการคำนวณใหม่ จะได้ค่ากึ่งกลาง (CL) เท่ากับ 0.01532 ขีดจำกัด

ควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 0.06334 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 0 ดังนั้นจึงใช้ค่า UCL, LCL นี้ในการควบคุมและเฝ้าระวังการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตต่อไป

3) MK-Wash ชนิดรอยไหม้

แผนภูมิควบคุม I-MR-Chart รูป 4.51 แสดงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอยู่ภายในเส้นควบคุม โดย I-MR-Chart มีค่ากึ่งกลาง (CL) เท่ากับ 0.467 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 1.525 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 0 ส่วน I-chart มีค่ากึ่งกลาง (CL) เท่ากับ 0.308 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 1.549 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ -0.933 แต่เนื่องด้วยความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากข้อบกพร่องนี้ไม่สามารถเป็นค่าติดลบได้ จึงกำหนดให้ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 0 ดังนั้นจึงใช้ค่า UCL, LCL นี้ในการควบคุมและเฝ้าระวังการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตต่อไป

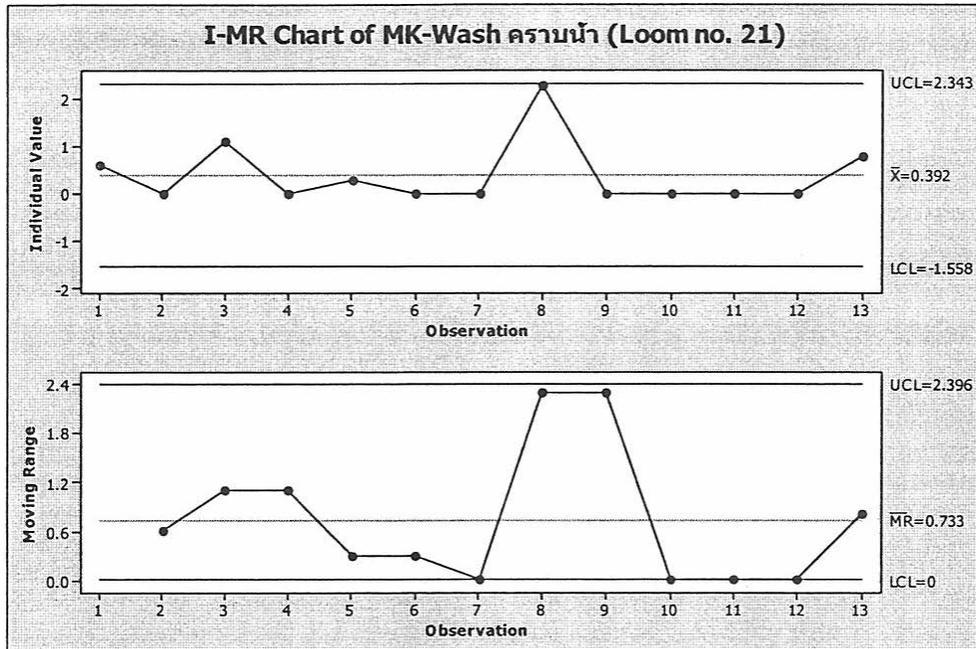


รูป 4.51 แผนภูมิควบคุม I-MRChart ของข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้

4) MK-Wash ชนิดคราบน้ำ

แผนภูมิควบคุม I-MR Chart รูป 4.52 แสดงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นอยู่ภายในเส้นควบคุม โดย MR-chart มีค่ากลาง (CL) เท่ากับ 0.733 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 2.396 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ 0 ส่วน I-chart มีค่ากึ่งกลาง (CL) เท่ากับ 0.392 ขีดจำกัดควบคุมบน (UCL) เท่ากับ 2.343 ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ -1.558 แต่เนื่องด้วยความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากข้อบกพร่องนี้ไม่สามารถเป็นค่าติดลบได้ จึงกำหนดให้ขีดจำกัดควบคุมล่าง (LCL) เท่ากับ

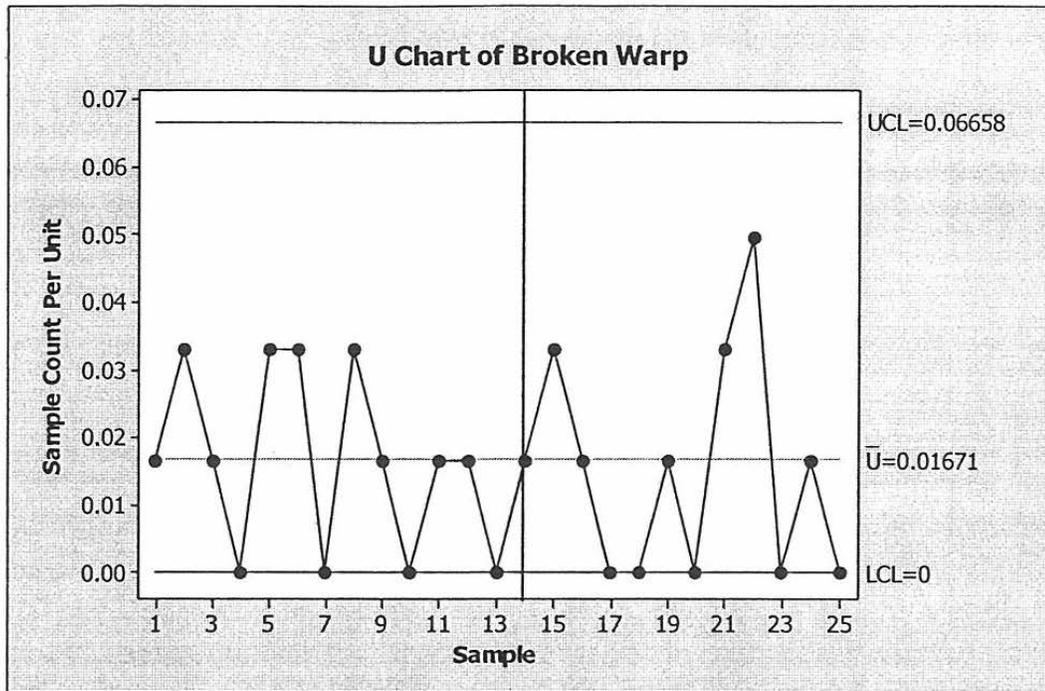
0 ดังนั้นจึงใช้ค่า UCL, LCL นี้ในการควบคุมและเฝ้าระวังการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตต่อไป



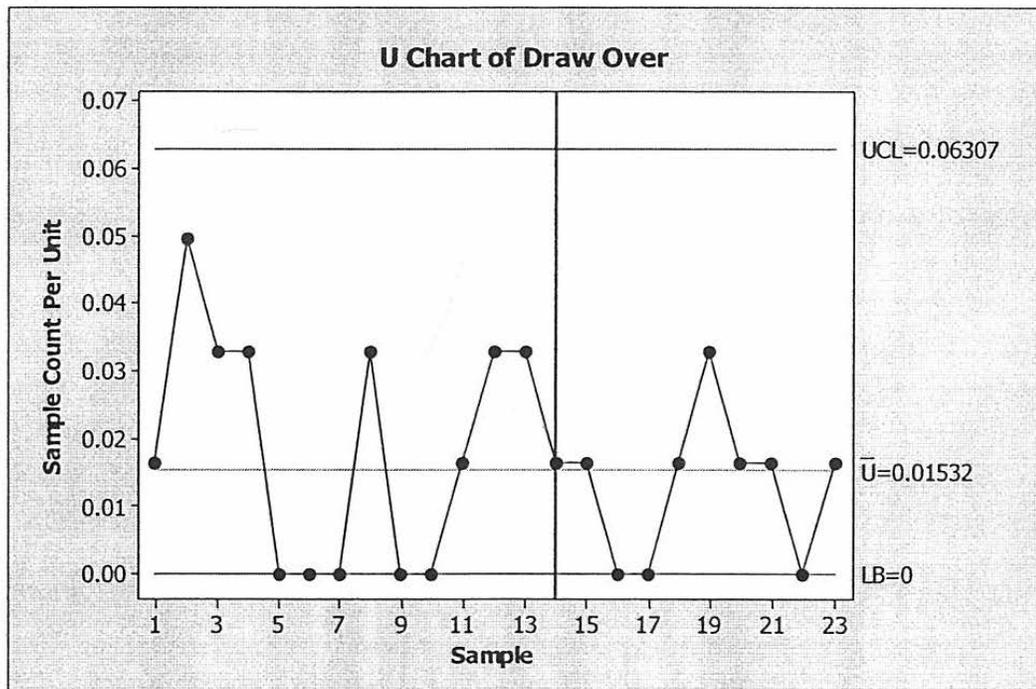
รูป 4.52 แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ของข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้

4.5.3 การตรวจติดตามกระบวนการ

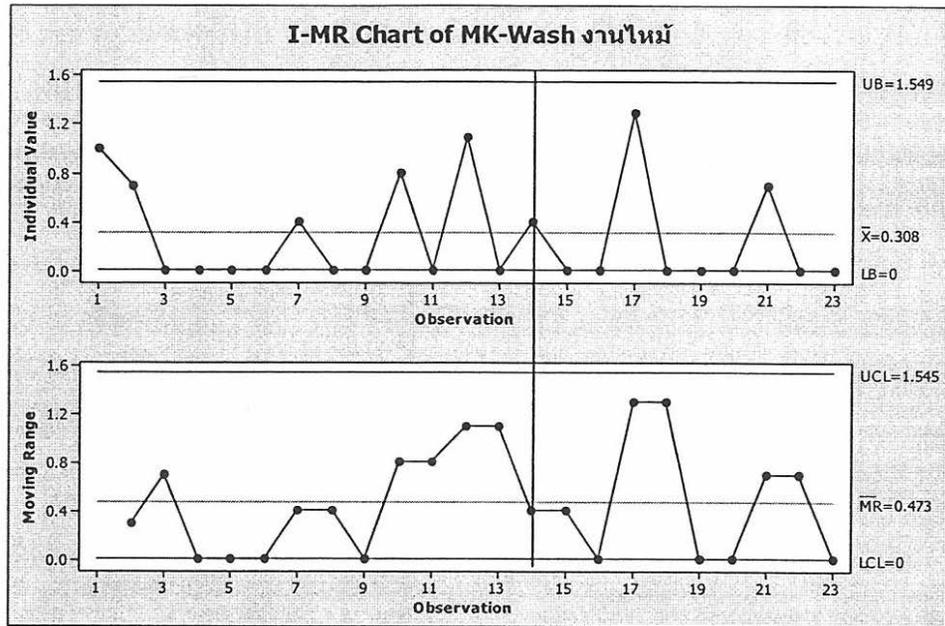
หลังจากที่ทำการกำหนดขอบเขตควบคุมที่น่าเชื่อถือได้แล้ว จากนั้นจึงใช้แผนภูมิควบคุมดังกล่าว สำหรับเฝ้าระวังกระบวนการ โดยเก็บข้อมูลข้อบกพร่องในเดือนกรกฎาคม 2554 อีก 10 ม้วน ซึ่งข้อมูลปริมาณข้อบกพร่องดังกล่าว แสดงดังตาราง ซ.2 ในภาคผนวก ซ



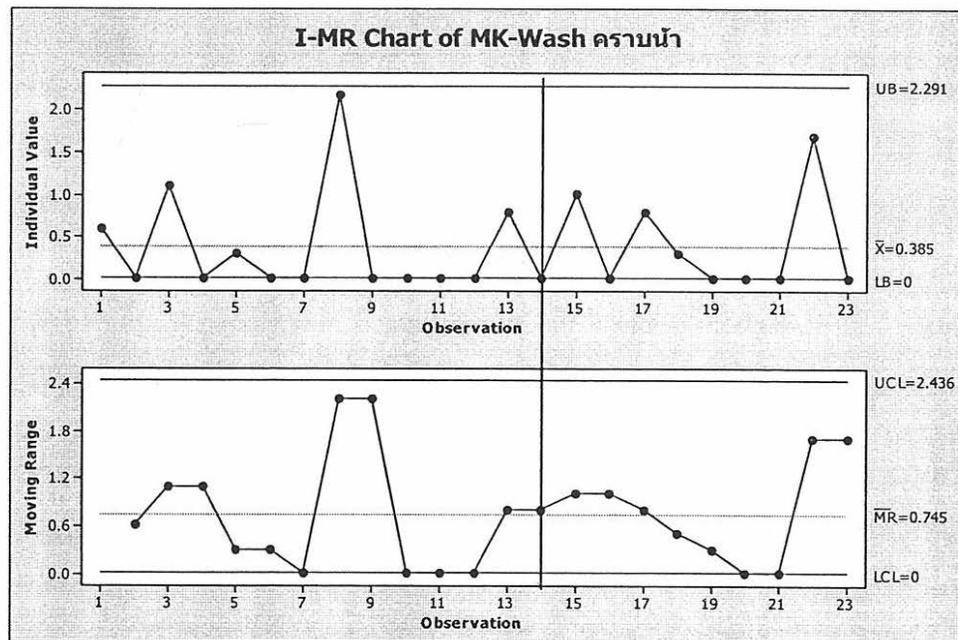
รูป 4.53 แผนภูมิควบคุม u-Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง Broken Warp



รูป 4.54 แผนภูมิควบคุม u-Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง Draw Over



รูป 4.55 แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดงานใหม่



รูป 4.56 แผนภูมิควบคุม I-MR Chart ติดตามการเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดคราบน้ำ

จากรูป 4.41 -4.53 พบว่ากระบวนการผลิตมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น ยังอยู่ภายใต้การควบคุมที่ระดับค่าเฉลี่ยเดิม แสดงว่ากระบวนการอยู่ภายใต้ขอบเขตควบคุม สามารถนำแผนภูมิควบคุมไปใช้ติดตามและเฝ้าระวังในการเกิดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตต่อไปได้

จากข้อมูลการผลิตในปีงบประมาณ 2553 และเมื่อพิจารณาความยาวของฝืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำ และจำนวนจุดบกพร่อง Draw Over บนฝืนงานหลังทำการปรับปรุงในเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม แสดงในตาราง 4.19 พบว่าในระยะเวลา 3 เดือนดังกล่าวมีการผลิตลวดตาข่ายจำนวน 11,706.50 ตารางเมตร มีความยาวของฝืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดจุดบกพร่องชนิด Broken Warp และ Draw Over บนฝืนงานทั้งหมด 19 และ 99 จุดหรือเฉลี่ย 1.62 จุด/1,000 ตารางเมตร และ 8.46 จุด/1,000 ตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำทั้งหมด 51.45 และ 69.91 เมตรหรือเฉลี่ย 4.39 เมตร/1,000 ตารางเมตร และ 5.97 เมตร/1,000 ตารางเมตร ตามลำดับ นั่นคือข้อบกพร่องชนิด Broken Warp, Draw Over, MK-Wash ชนิดรอยไหม้ และชนิดคราบน้ำ ลดลง 16.92%, 54.71%, 62.64% และ 38.97% ตามลำดับ

ตาราง 4.19 ข้อบกพร่อง Broken Warp, Draw Over และ MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำ เดือนกันยายน ถึงธันวาคมปีงบประมาณ 2553 (หลังการปรับปรุง)

เดือน	ปริมาณการผลิต (ตารางเมตร)	Broken Warp (จุด)	Draw Over (จุด)	MK-Wash รอยไหม้ (m)	MK-Wash คราบน้ำ (m)
มีนาคม	2,004.60	3	51	16.17	13.07
เมษายน	3,935.10	6	39	6.37	29.73
พฤษภาคม	5,766.80	10	9	28.91	27.11
รวม	11,706.50	19	99	51.45	69.91
ข้อบกพร่องเฉลี่ย / ตารางเมตร		0.00162	0.00846	0.00439	0.00597
ข้อบกพร่องเฉลี่ย / 1,000 ตารางเมตร		1.62	8.46	4.39	5.97

จากข้อมูลการเก็บข้อมูลข้อบกพร่องหลังจากการทดลองและปรับปรุงกระบวนการพบว่า จากปริมาณการผลิตเดิมหากไม่เกิดข้อบกพร่อง MK-Wash ชนิดรอยไหม้และคราบน้ำบนฝืนงาน จะสามารถตัดฝืนงานดีได้ประมาณ 4,778 แผ่น แต่หากเกิดข้อบกพร่องจะทำให้สามารถตัดงานดีได้ประมาณ 4,728 แผ่น ซึ่งส่วนที่เกิดข้อบกพร่องทำให้ตัดเป็นฝืนงานดีได้น้อยลง 50 แผ่น ราคาขายลวดตาข่าย Ni-200 ราคา 5,037 บาท/แผ่น ดังนั้นส่วนของฝืนงานที่เกิดข้อบกพร่องจึงคิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 251,850 บาท กรณีนี้ไม่นำเอาข้อบกพร่อง Broken Warp และ Draw Over มาคิดเนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลการตรวจข้อบกพร่องหลังการทอ ซึ่งไม่ใช่การตรวจสอบในขั้นตอนสุดท้าย เพราะต้องการวัดผลที่เกิดจากกระบวนการทอ