# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลานำในการผลิต ลดความแปรปรวนของเวลานำในการผลิต และลดจำนวนงานระหว่างผลิตที่ค้างในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย เมื่อได้ดำเนินการตามขั้นตอนที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 มีผลการวิจัยดังนี้

## 4.1 ข้อมูลทั่วไปของบริษัทกรณีศึกษา

### 4.1.1 รายละเอียดของโรงงานกรณีศึกษา มีดังต่อไปนี้

บริษัทกรณีศึกษาจดทะเบียนก่อตั้งเมื่อ ปี พ.ศ. 2512 โดยมีผู้ถือหุ้นเป็นคนไทย 100% ดำเนินกิจการประเภทออกแบบ ผลิตและจำหน่ายสินค้าประเภทเฟอร์นิเจอร์เหล็กและตู้นิรภัย โดยเป็นการผลิตแบบตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งมีลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ แบ่งสัดส่วนได้เป็นขายในประเทศ 30% และส่งออกไปยังต่างประเทศ 70%

เวลาทำงานแบ่งเป็นเวลาปกติคือ 8 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลา 6 วันคือวันจันทร์ถึงวันเสาร์ รวมเวลาได้ 48 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ และเวลาทำงานล่วงเวลา 3 ชั่วโมงต่อวันเป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ เวลาทำงานล่วงเวลาเป็น 9 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยปกติแล้วมีเวลาทำงานรวมสัปดาห์ละ 57 ชั่วโมง ปัจจุบันโรงงานได้รับมาตรฐานรับรองหลายประเภทด้วยกัน คือ

- มอก.437-2529 ประเภทตู้นิรภัยกันไฟแบบประตู ได้รับเมื่อ พ.ศ. 2542
- มอก.353-2539 ประเภทตู้เหล็กเก็บเอกสารแบบประตู ได้รับเมื่อ พ.ศ.2543
- มอก.63-2523 ประเภทตู้เหล็กเก็บเอกสารแบบลิ้นชัก ได้รับเมื่อ พ.ศ.2544
- ISO 9001 : 2000 ได้รับเมื่อ พ.ศ.2545
- CSR-DIW รับรองคุณภาพโดยกรมโรงงาน ได้รับเมื่อ พ.ศ.2554

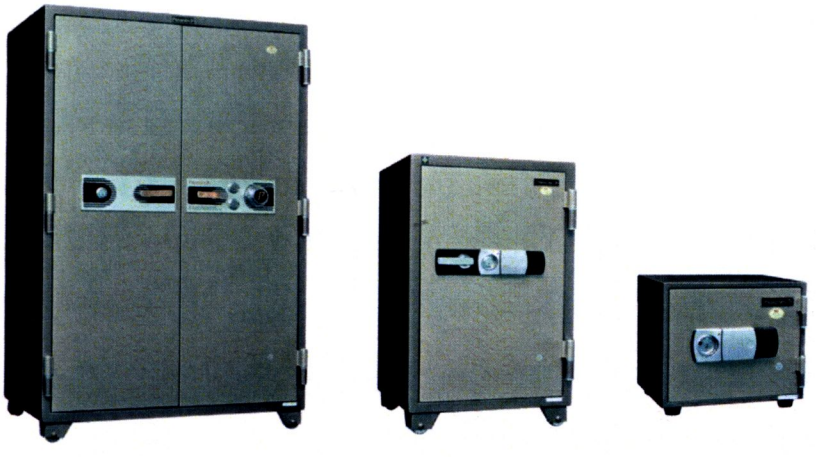
ปัจจุบันโรงงานมีกำลังการผลิตประมาณ 2,400 ตันต่อปี มีพนักงาน 200 คน เป็นระดับผู้บริหาร 30 คน และแรงงาน 170 คน จากการสัมภาษณ์ผู้บริหารเกี่ยวกับสินค้าที่ผลิตและจำหน่าย พบว่าจากแนวโน้มทางเศรษฐกิจที่ค่อยๆปรับตัวดีขึ้น กิจการจึงมีแนวโน้มของการเติบโตและขยายตลาดทั้งในและต่างประเทศในอนาคตได้อีก

**4.1.2 ผลิตภัณฑ์ของบริษัทกรณีศึกษา**

บริษัทกรณีศึกษาทำการออกแบบ ผลิตและจำหน่วยผลิตภัณฑ์หลัก 2 ประเภท ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์เหล็กและตู้นิรภัย ซึ่งสินค้าทั้งสองมีการผลิตและจำหน่ายหลากหลายรุ่น จากการศึกษาผังโรงงานจัดอยู่ในลักษณะตามผลิตภัณฑ์ (Product Layout) นั่นคือวางผังเป็นแผนก ตามการลื่นไหลของผลิตภัณฑ์ โดยแยกสายการผลิตทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน รายละเอียดสินค้าแต่ละประเภทมีดังต่อไปนี้

**4.1.2.1. ผลิตภัณฑ์ประเภทตู้นิรภัย**

ตู้นิรภัยที่ออกแบบเพื่อผลิตออกขายมีหลายประเภท แบ่งได้ 3 กลุ่มหลัก คือ ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตัวอย่างดังรูปที่ 4.1 ทุกรุ่นผลิตภัณฑ์ตู้นิรภัยทำได้ 3 ระบบ คือระบบป้องกันความปลอดภัยแบบดิจิตอล แบบรหัส และแบบผสม โดยผลิตภัณฑ์ที่งานวิจัยนี้ศึกษาจัดอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนาดกลาง ตัวอย่างดังรูปที่ 4.2 โดยจากการศึกษาพบว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์ขนาดกลางเป็นที่นิยมในการสั่งซื้อมากกว่าสินค้ากลุ่มขนาดเล็กและขนาดใหญ่



ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกลุ่มผลิตภัณฑ์ประเภทตู้นิรภัย

รูปที่ 4.2 ผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง รุ่น SB30

ในการผลิตตู้นิรภัยมีกระบวนการหลัก 5 ขั้นตอนคือ

1.กระบวนการเชื่อม ทำการเชื่อมประกอบจากชิ้นส่วนที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นโครงตู้

2.กระบวนการเทสารกันไฟ ทำการผสมสารกันไฟและสารเคมีแล้วเทลงไปในโครงตู้และประตู ก่อนจะเชื่อมปิดฝาหลังให้สนิท

3.กระบวนการเตรียมผิว จะพักตู้ที่เทสารกันไฟให้แห้งสนิทก่อน แล้วทำการเตรียมผิวโดยขัด โป๊ว แต้มผิวงานให้เกิดความเรียบ สม่ำเสมอ

4.กระบวนการพ่นสี นำงานเข้าสายการพ่นสี ถอดแยกตัวตู้ออกจากประตูแล้วทำการพ่นสีตามเฉดสีคำสั่งซื้อของลูกค้า

5.กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ เมื่อรับงานที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากการพ่นสีแล้ว จากนั้นนำตู้เข้าสู่กระบวนการประกอบอะไหล่และวัตถุดิบต่างๆ ซึ่งมีทั้งทำการเตรียมผลิตในโรงงานและสั่งซื้อจากภายนอก เสร็จแล้วจึงทำการบรรจุภัณฑ์สินค้าในกล่องเพื่อเตรียมส่งลูกค้าต่อไป

**4.1.2.2. ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์เหล็ก**

ผลิตภัณฑ์ประเภทเฟอร์นิเจอร์เหล็กที่ผลิตและจำหน่ายเป็นลักษณะเฟอร์นิเจอร์สำนักงาน ส่วนมากที่มีคำสั่งซื้อจากลูกค้ามากมี 3 ประเภท คือสินค้าประเภทโต๊ะ, สินค้าประเภทตู้และสินค้าประเภทลิ้นชัก ดังรูปที่ 4.3 – 4.5 ตามลำดับ ในกระบวนการผลิตมี 3 ขั้นตอนหลักคือ

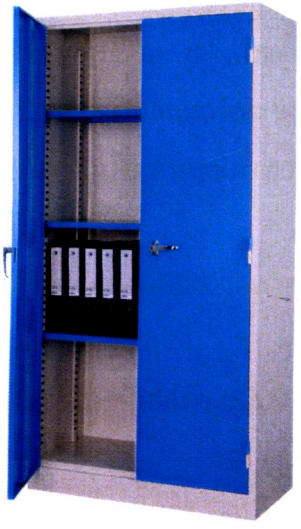
1.กระบวนการเชื่อม ทำการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นโครงชิ้นงานตามแบบผลิตภัณฑ์

2.กระบวนการพ่นสี เมื่องานผ่านการเชื่อมแล้วจะเข้าสู่การพ่นสี โดยการถอดแยกชิ้นส่วนแขวนกับจิ๊กแขวนพ่นสี แล้วเปิดเครื่องเดินให้ชิ้นงานไหลผ่านสายงานพ่นสี จนวนครบรอบจึงจะถอดชิ้นงานลงจากที่แขวนเพื่อเข้าสู่การประกอบต่อไป

3.กระบวนการประกอบบรรจุผลิตภัณฑ์ รับงานที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากกระบวนการพ่นสีแล้วทำการประกอบและใส่กล่องบรรจุภัณฑ์ต่อไป

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทโต๊ะ



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทตู้

รูปที่ 4.5 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทลิ้นชัก

**4.1.3 โครงสร้างองค์กรบริษัทกรณีศึกษา**

โครงสร้างองค์กรบริษัทกรณีศึกษาแบ่งออกเป็น 6 ฝ่าย คือฝ่ายบริหารงานทั่วไป ฝ่ายผลิต ฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายรับประกันคุณภาพ ฝ่ายงานขายและการตลาด และฝ่ายความปลอดภัย โดยฝ่ายผลิต ฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายรับประกันคุณภาพจะขึ้นกับรองผู้จัดการโรงงาน ผู้จัดการโรงงาน กรรมการผู้จัดการโรงงาน และประธานกรรมการผู้จัดการโรงงาน ตามลำดับ ส่วนฝ่ายบริหารงานทั่วไป ฝ่ายงานขายและการตลาด และฝ่ายความปลอดภัยจะขึ้นตรงถึงกรรมการผู้จัดการ และประธานกรรมการผู้จัดการโรงงาน ตามลำดับ ผังองค์กรดังแสดงในรูปที่ 4.6 และแต่ละฝ่ายมีส่วนงานย่อยตามรายละเอียดดังนี้

1. ฝ่ายบริหารงานทั่วไป (GMMD) มี 4 ส่วน คือส่วนงานจัดซื้อ ส่วนงานบัญชี ส่วนงานการเงิน และส่วนงานบุคคล

2. ฝ่ายผลิต (PRND) มี 4 ส่วน คือส่วนงานวางแผนและควบคุมการผลิต มีหน่วยวางแผนการผลิต หน่วยคลัง 4 คลังคือคลังเหล็กม้วนเหล็กแผ่น คลังชิ้นส่วน คลังวัตถุดิบ และคลังสินค้าสำเร็จรูป และหน่วยจัดส่งสิ้นค้า ส่วนผลิตชิ้นส่วน ส่วนผลิตตู้นิรภัย มี 5 หน่วยงาน ประกอบไปด้วยหน่วยงานเชื่อม , หน่วยงานเทสารกันไฟ , หน่วยงานเตรียมผิว , หน่วยงานพ่นสี และหน่วยงานประกอบบรรจุภัณฑ์ และส่วนผลิตเฟอร์นิเจอร์ มี 3 หน่วยงาน ประกอบไปด้วยหน่วยงานเชื่อม , หน่วยงานพ่นสีและหน่วยงานประกอบและบรรจุภัณฑ์

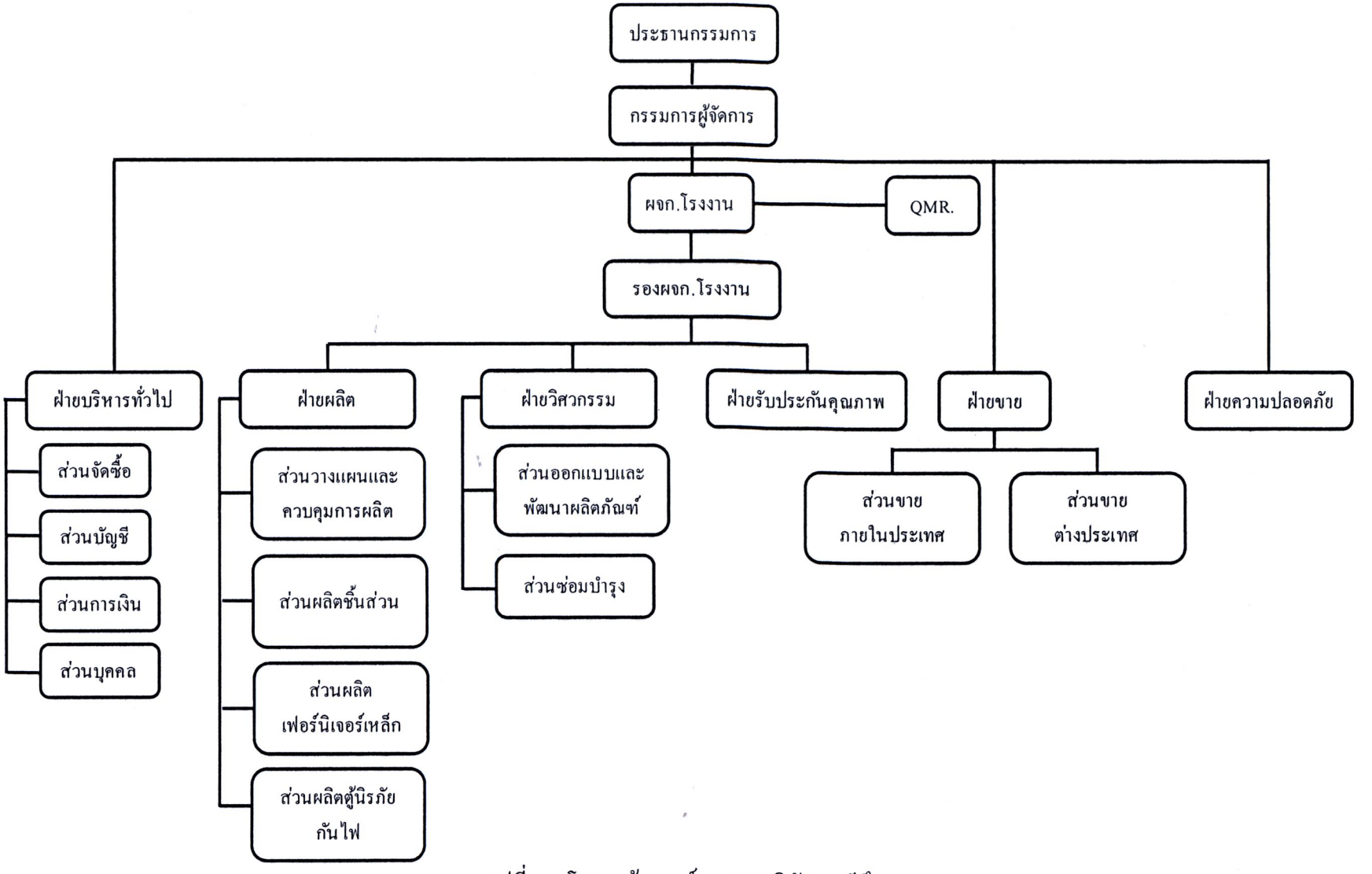
3. ฝ่ายวิศวกรรม (ENGD) มี 2 ส่วน คือ ส่วนงานออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งมี 2 หน่วยคือหน่วยออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์และหน่วยแม่พิมพ์ และส่วนงานซ่อมบำรุง

4. ฝ่ายรับประกันคุณภาพ (QAAD) คือส่วนประกันวัตถุดิบ งานระหว่างผลิต ตลอดจนสินค้าสำเร็จรูป

5. ฝ่ายงานขายและการตลาด (MKTD) มี 2 ส่วนงานคือส่วนงานขายในประเทศ และส่วนงานขายต่างประเทศ

6. ฝ่ายความปลอดภัย (SAFETY) ที่ดูแลด้านความปลอดภัยของการทำงานและเครื่องจักรต่างๆในโรงงาน

โดยทีมลีน (Lean Team) ในการทำวิจัยนี้อาศัยความร่วมมือจากบุคคลในฝ่ายผลิตดังนี้ คือ ผู้จัดการฝ่ายผลิต หัวหน้าส่วนผลิตตู้นิรภัย หัวหน้าหน่วยงานทั้ง 5 กระบวนการ คือเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสีและบรรจุผลิตภัณฑ์ และฝ่ายประกันคุณภาพ




รูปที่ 4.6 โครงสร้างองค์กรของบริษัทกรณีศึกษา

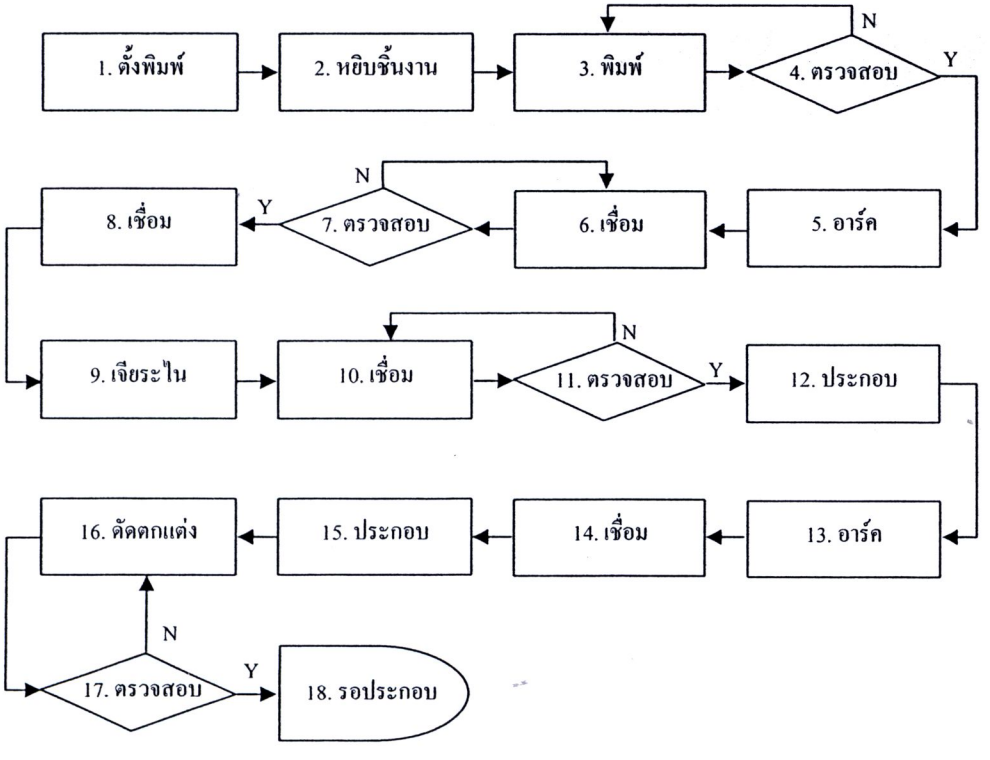
**4.2 ขั้นตอนการทำงานและแผนผังกระบวนการผลิต**

กระบวนการผลิตตู้นิรภัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก โดยมีรายละเอียดดังนี้

**4.2.1 กระบวนการเชื่อม** การทำงานเริ่มจากพนักงานเบิกวัตถุดิบ ชิ้นส่วนและวัสดุสิ้นเปลืองที่ต้องใช้ในการผลิต และปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสม ตลอดจนตรวจสอบสภาพทั่วไปของจิ๊ก ซึ่งหากทุกอย่างอยู่ในสภาพพร้อมทำการผลิตจึงทำการผลิตได้ นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญและต้องอาศัยพนักงานที่มีทักษะในการทำงานที่ดี เพื่อจะผลิตงานที่ได้ตามขนาดมาตรฐานก่อนจะส่งต่อไปยังหน่วยงานต่อไป กระบวนการเชื่อมแสดงดังรูปที่ 4.7

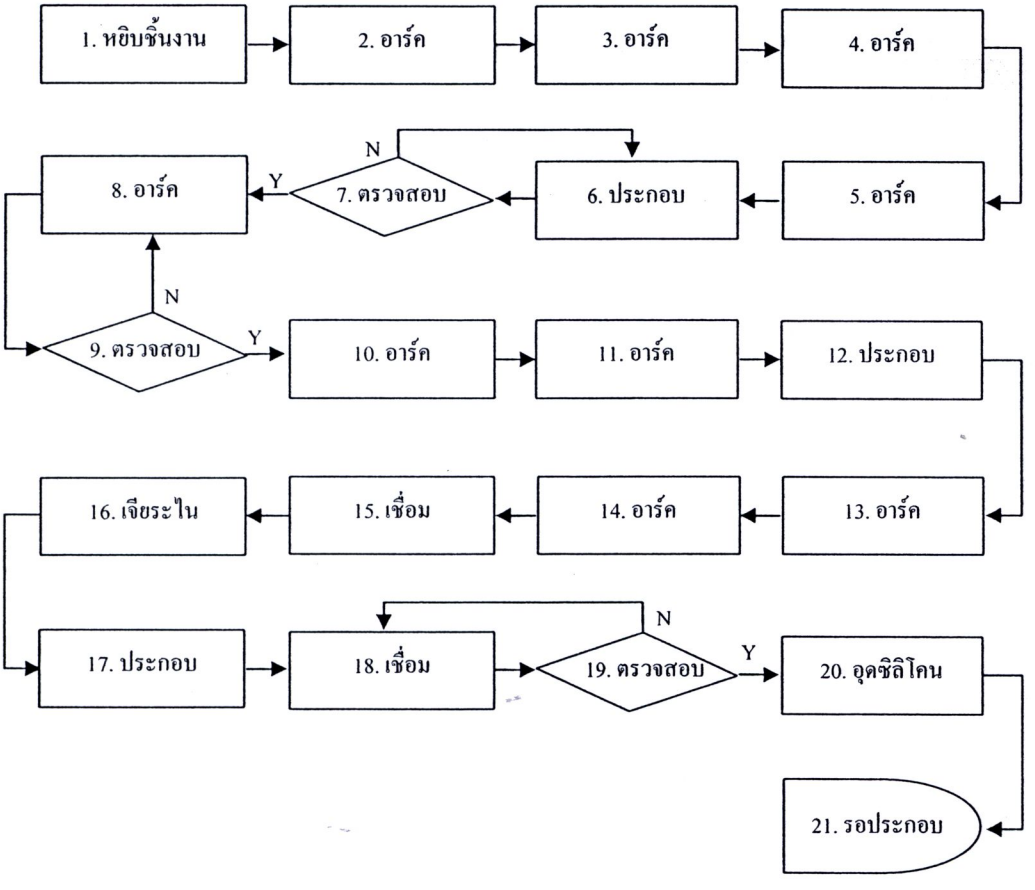
รูปที่ 4.7 กระบวนการเชื่อม

กระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนเป็นโครงตู้ด้านนอก (Outer Body : Part A) มี 18 ขั้นตอนย่อย เริ่มจากตั้งพิมพ์แล้วหยิบงานมาพิมพ์ ก่อนจะเข้าขั้นตอนการเชื่อม ต่อด้วยขั้นตอนการอาร์ค แล้วมาเจียระไน แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการเชื่อม ก่อนจะประกอบ และอาร์ค แล้วเข้าเชื่อม เสร็จแล้วประกอบก่อนจะดัดตกแต่ง ซึ่งจะมีขั้นตอนการตรวจสอบรวมทั้งสิ้น 4 ครั้ง ซึ่งหากไม่เป็นไปตามกำหนดก็จะกลับสู่ขั้นตอนก่อนหน้า ดังรูปที่ 4.8 แผนผังกระบวนการเชื่อมโครงตู้ด้านนอก (Outer Body Assembly) (Part A)



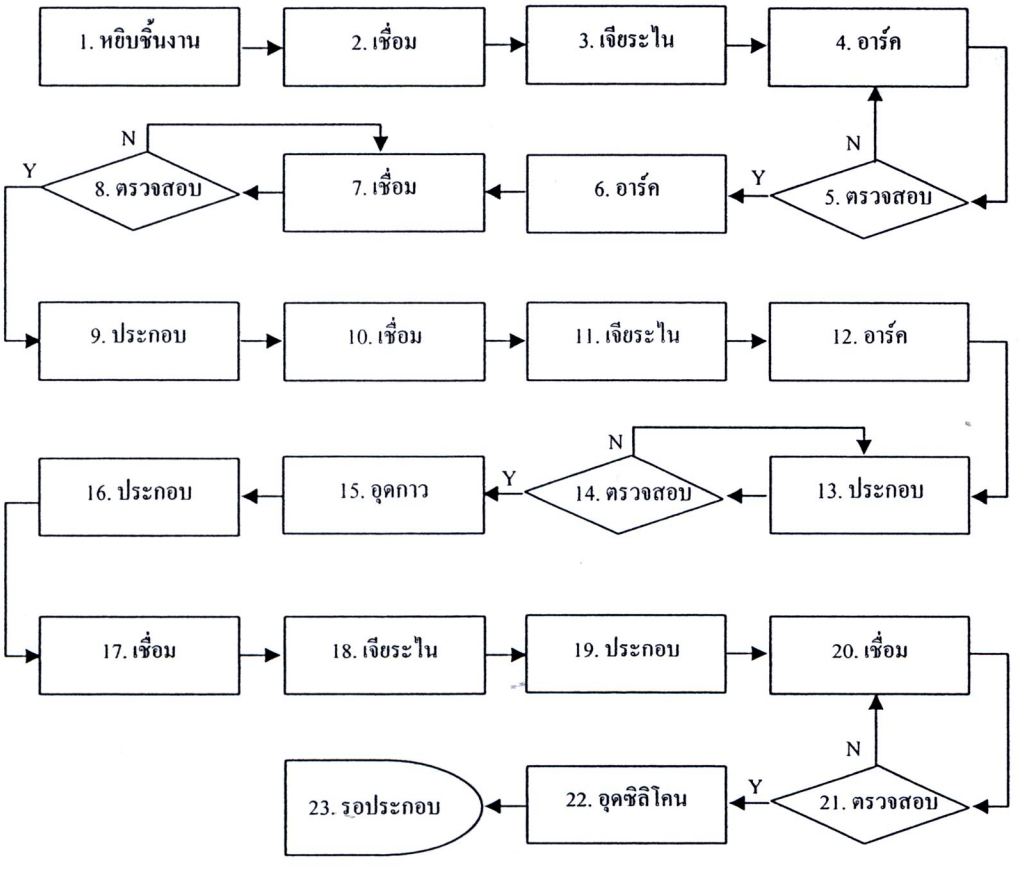

รูปที่ 4.8 แผนผังกระบวนการเชื่อมโครงตู้ด้านนอก (Part A)

กระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนเป็นโครงตู้ด้านใน (Inner Body : Part B) มี 21 ขั้นตอนย่อย เริ่มจากการหยิบชิ้นงานมาอาร์ค 4 จุด แล้วประกอบ ก่อนจะอาร์คอีก 3 จุด หลังจากนั้นประกอบ แล้วเข้าขั้นตอนการอาร์คอีก 2 จุด ก่อนเข้าขั้นตอนเชื่อม ต่อด้วยการเจียระไน แล้วประกอบก่อนจะเชื่อม เสร็จด้วยการอุดซิลิโคน มีขั้นตอนการตรวจสอบ 3 ครั้ง ก่อนจะรอประกอบต่อไป ดังรูปที่ 4.9 แผนผังกระบวนการเชื่อมโครงตู้ด้านใน ( Inner Body Assembly) (Part B)



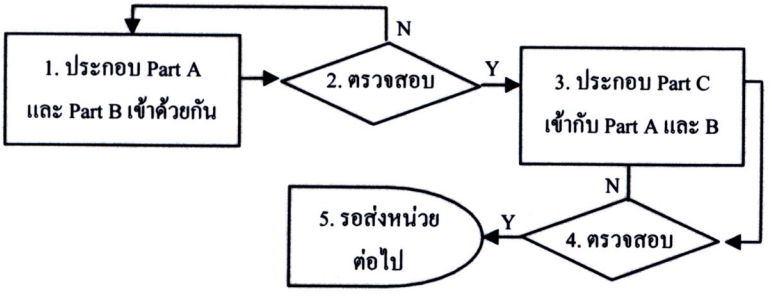

รูปที่ 4.9 แผนผังกระบวนการเชื่อมโครงตู้ด้านใน (Part B)

และการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนโครงประตูตู้ (Door Front : Part C) มี 23 ขั้นตอนย่อย เริ่มจากหยิบชิ้นงานมาเชื่อม เจียระไน ก่อนเข้าขั้นตอนอาร์ค เชื่อมและอาร์ค ก่อนเข้าการประกอบ แล้วทำการเชื่อม เจียระไน แล้วอาร์ค ก่อนประกอบแล้วอุดกาว ประกอบ แล้วเชื่อม เจียระไน แล้วประกอบ ก่อนเชื่อมและอุดซิลิโคนอีกครั้ง ระหว่างกระบวนการมีการตรวจสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ดังรูปที่ 4.10 แผนผังกระบวนการเชื่อมประตู (Door Front Assembly) (Part C)



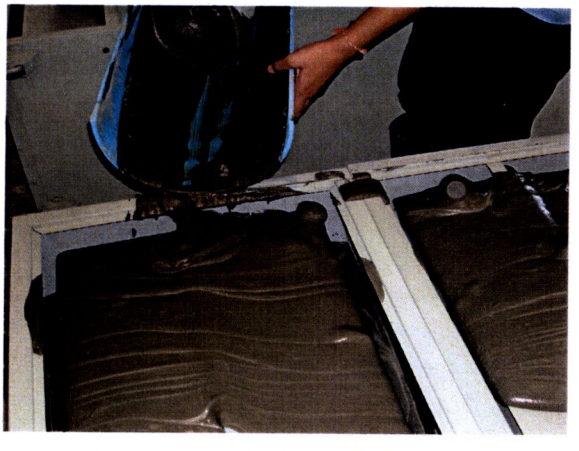

รูปที่ 4.10 แผนผังกระบวนการเชื่อมประตู (Part C)

จากนั้นทำการเชื่อมประกอบโครงตู้ด้านนอก (Part A) และโครงตู้ด้านใน (Part B) เข้าด้วยกันแล้วตรวจสอบ และนำโครงประตูตู้ (Part C) ประกอบก่อนจะตรวจสอบและรอส่งสุดท้าย ดังรูปที่ 4.11 แสดงแผนผังกระบวนการประกอบ Part A , B และ C



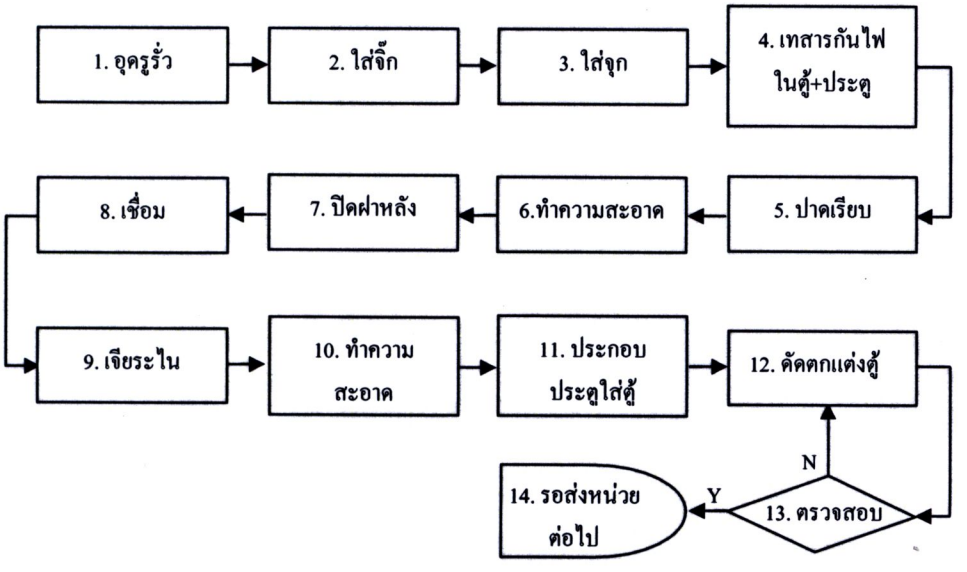

รูปที่ 4.11 แผนผังกระบวนการประกอบ Part A , B และ C

**4.2.2 กระบวนการเทสารกันไฟ** การทำงานเริ่มจากพนักงานเบิกวัตถุดิบที่ต้องใช้ในการผลิต ปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการทำงานตามวิธีปฏิบัติงาน และทำการตรวจสอบสภาพจิ๊กบังคับขนาดภายในตู้ ซึ่งทุกอย่างต้องอยู่ในสภาพที่ดีพร้อมทำงานจึงจะทำการผลิตได้ เมื่อรับงานจากหน่วยเชื่อมแล้วจะเข้าสู่การเทสารกันไฟ ดังรูปที่ 4.12 ขั้นตอนการเทสารกันไฟ โดยจะแยกตัวตู้และประตูออกจากกันก่อนแล้วเมื่อเทสารกันไฟเสร็จจึงจะนำทั้งสองมาคัด ตกแต่งและประกอบเข้าด้วยกันให้ได้ตามขนาด ซึ่งถือเป็นหัวใจหลักที่สำคัญ จากนั้นจะพักตู้ให้เย็นตัวลง เพื่อป้องกันการเสียรูปทรงของตู้ได้



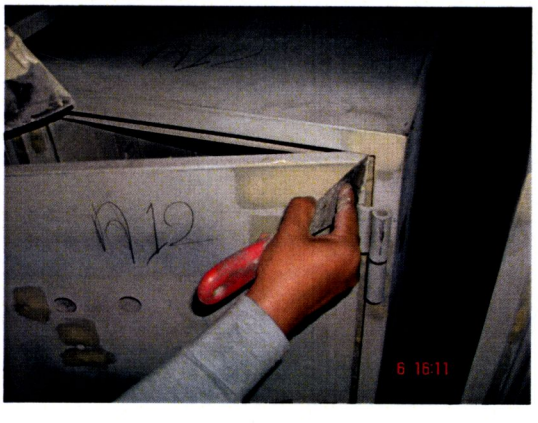
รูปที่ 4.12 กระบวนการเทสารกันไฟ

กระบวนการเทสารกันไฟมี 14 ขั้นตอนย่อย เริ่มจากการเตรียมตู้โดยการอุดรูรั่ว ใส่จิ๊กป้องกันการเสียรูป ใส่จุกแล้วเข้าการเทสารกันไฟ ปาดให้เรียบแล้วทำความสะอาด ปิดฝาหลังแล้วทำการเชื่อม เจียระไนและทำความสะอาดอีกครั้ง นำประตูประกอบเข้ากับตู้ ก่อนจะดัดตกแต่งตู้ให้ได้มาตรฐาน ดังรูปที่ 4.13 แผนผังกระบวนการเทสารกันไฟ



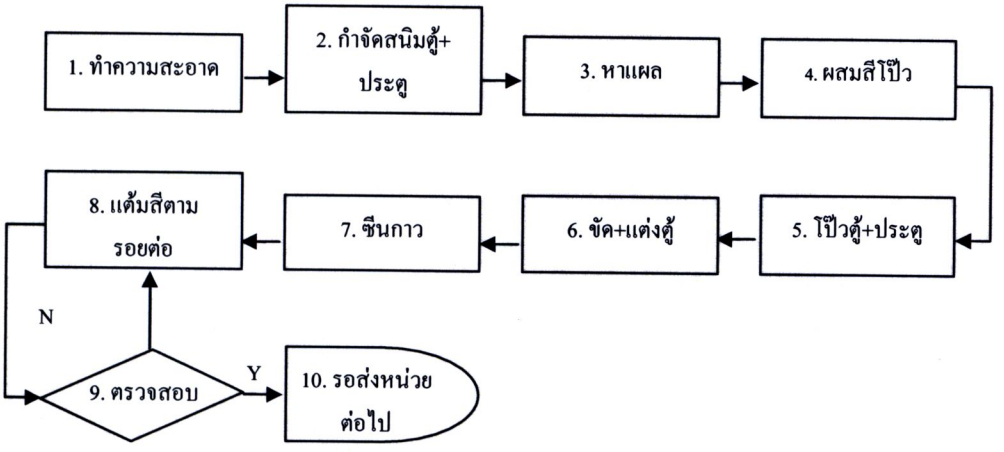

รูปที่ 4.13 แผนผังกระบวนการเทสารกันไฟ

**4.2.3 กระบวนการเตรียมผิว** การทำงานเริ่มจากพนักงานเบิกวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ในการผลิต และปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการทำงานตามวิธีปฏิบัติงาน เป็นขั้นตอนที่สำคัญและต้องใช้ความละเอียดในการเตรียมผิวงานให้ได้ตามมาตรฐานก่อนจะเข้าสู่กระบวนการพ่นสีที่จะไม่สามารถแก้ไขผิวงานได้อันจะก่อให้เกิดงานซ่อมและงานเสีย ซึ่งจะเกิดต้นทุนในการซ่อม การทำงานดังรูปที่ 4.14 กระบวนการเตรียมผิว



รูปที่ 4.14 กระบวนการเตรียมผิว

การเตรียมผิวตู้เป็นขั้นตอนที่ทำให้ผิวตู้เรียบ สม่ำเสมอและได้ขนาดตามแบบทั้งด้านในและด้านนอก โดยทำการขัด โป๊ว แต้ม เจียระไนผิวตู้และประตู รวมขั้นตอนทั้งสิ้น 10 ขั้นตอนย่อย ก่อนจะเข้าสู่กระบวนการพ่นสีผิวตู้ต่อไป ดังรูปที่ 4.15 แผนผังกระบวนการเตรียมผิว

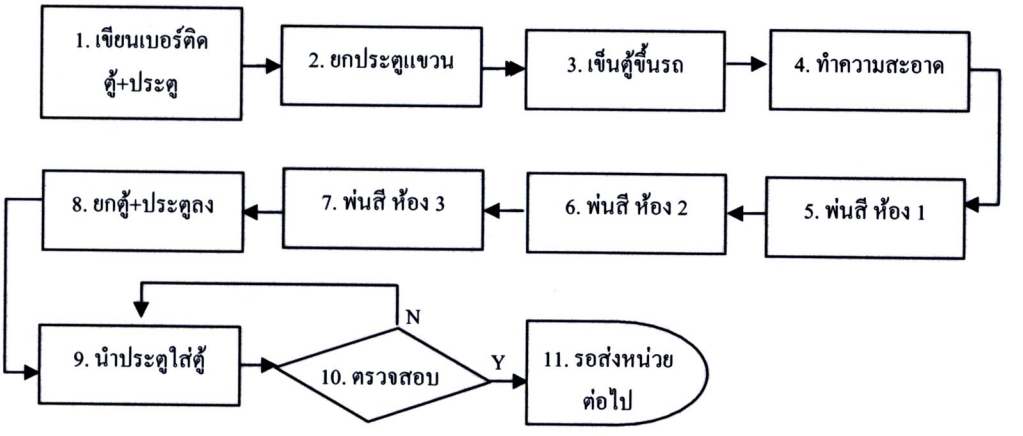



รูปที่ 4.15 แผนผังกระบวนการเตรียมผิว

**4.2.4 กระบวนการพ่นสี** การทำงานเริ่มจากพนักงานเบิกวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลืองที่ต้องใช้ในการผลิต ก่อนจะปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับการทำงานตามวิธีปฏิบัติงาน ในการพ่นสีแต่ละครั้งต้องทำการเตรียมผสมสีก่อนพ่นสีตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ลักษณะการทำงานคือแขวนชิ้นงานกับสายพานเครื่องจักร ดังรูปที่ 4.16 กระบวนการพ่นสี ซึ่งต้องผ่านการพ่นสี 3 ครั้ง จึงจะได้งานที่สมบูรณ์

รูปที่ 4.16 กระบวนการพ่นสี

ในการทำงานจะแยกตู้และประตูออกจากกันก่อน เพื่อความทั่วถึงและการกระจายตัวของสีที่สม่ำเสมอ โดยจะผ่านห้องพ่นสี 3 ครั้งแล้วจึงปล่อยให้แห้ง ก่อนนำตู้และประตูมาประกอบเข้าด้วยกัน ขั้นตอนการทำงานทั้งสิ้น มี 11 ขั้นตอน ดังรูปที่ 4.17 แผนผังกระบวนการพ่นสี

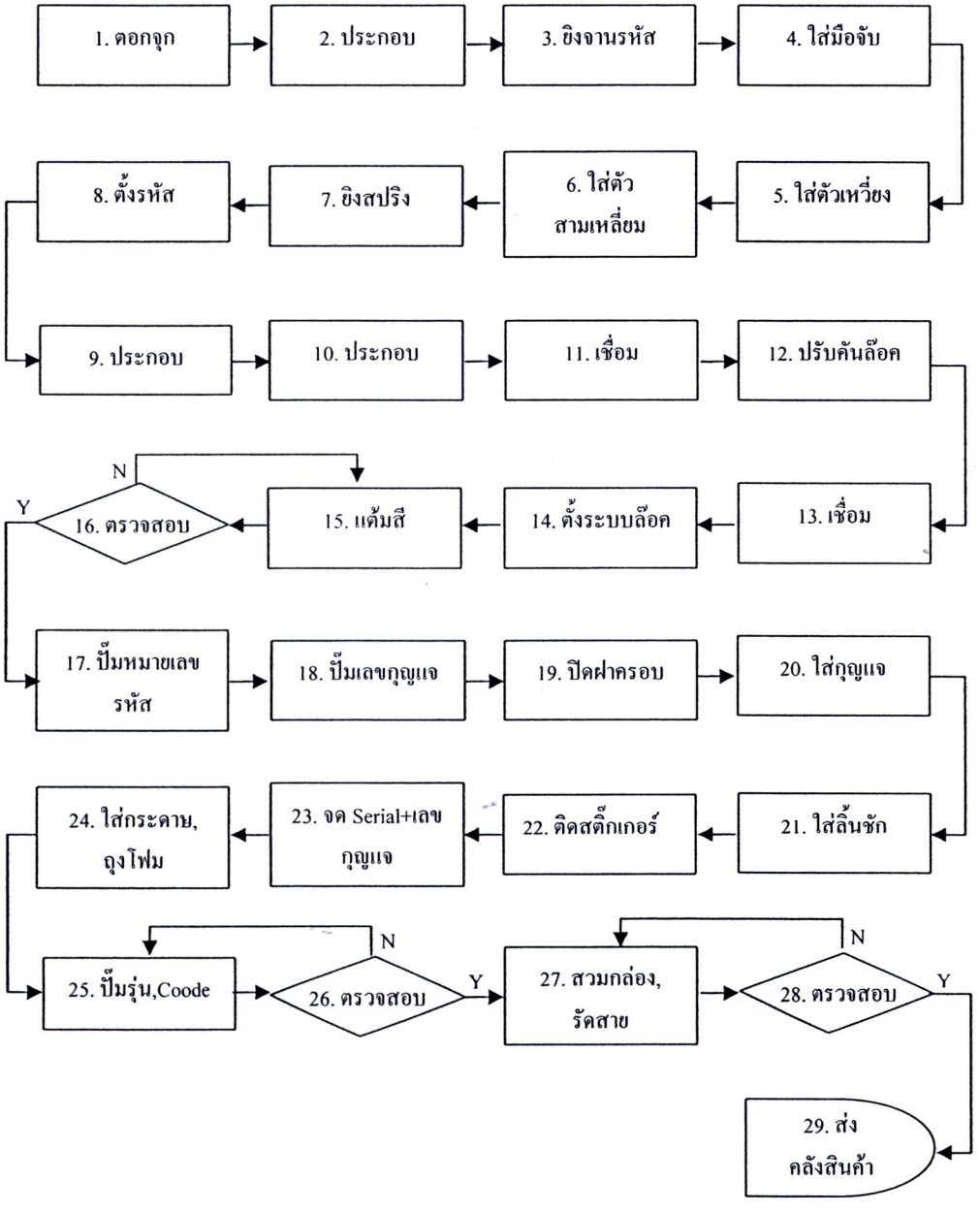



รูปที่ 4.17 แผนผังกระบวนการพ่นสี

**4.2.5 กระบวนการบรรจุภัณฑ์** การทำงานเริ่มจากพนักงานเบิกวัตถุดิบและวัสดุสิ้นเปลือง เตรียมและปรับตั้งเครื่องจักรตามวิธีการทำงาน และตรวจสอบสภาพจิ๊ก ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานจึงจะทำการผลิตได้ การประกอบและบรรจุภัณฑ์เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่ต้องอาศัยพนักงานที่มีทักษะความชำนาญเป็นพิเศษทางด้านระบบความปลอดภัย ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการผลิตตู้นิรภัย โดยมีขั้นตอนการทำงานค่อนข้างซับซ้อนและใช้วัตถุดิบหลากหลาย เพื่อจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีและมีคุณภาพ ดังรูปที่ 4.18 กระบวนการบรรจุภัณฑ์

รูปที่ 4.18 กระบวนการบรรจุภัณฑ์

หลังจากรับตู้ที่ผ่านการพ่นสีแล้วเข้าสู่ขั้นตอนประกอบบรรจุภัณฑ์ มี 29 ขั้นตอนย่อย ตรวจสอบระหว่างกระบวนการ 3 ครั้ง แล้วส่งเข้าคลังสินค้า ดังรูปที่ 4.19 แผนผังกระบวนการบรรจุภัณฑ์



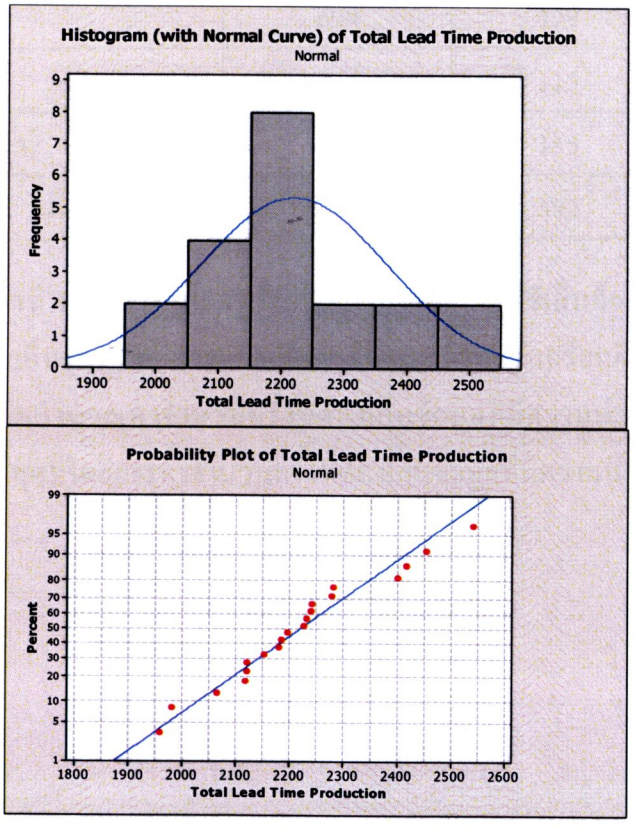

รูปที่ 4.19 แผนผังกระบวนการบรรจุภัณฑ์

**4.3 ข้อมูลเวลานำในการผลิตและจำนวนงานระหว่างผลิตในการผลิตตู้นิรภัยในปัจจุบัน**

จากการศึกษาข้อมูลเวลานำและงานระหว่างผลิตในกระบวนการผลิตตู้นิรภัยของโรงงานกรณีศึกษา ได้แยกพิจารณาเป็นหัวข้อดังนี้

**4.3.1 เวลานำในการผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง**

เนื่องจากเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ดังนั้นจำนวนการสั่งซื้อแต่ละครั้งจึงไม่เท่ากัน ดังนั้นในการศึกษาเวลานำในการผลิตผลิตภัณฑ์ตู้นิรภัย รุ่น SB30 ได้เก็บข้อมูลแต่ละรอบการผลิตเป็นจำนวน 20 รอบ นั่นคือเก็บข้อมูลเวลาที่งานอยู่ในกระบวนการโดยไม่รวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักร แล้วนำข้อมูลมาทำการเฉลี่ยได้เป็นเวลานำเฉลี่ย (นาทีต่อตู้) จึงได้เวลานำในการผลิตรวมทั้งกระบวนการ และแยกเก็บข้อมูลเวลานำย่อยที่ใช้แต่ละกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้นว่ามีความล่าช้าและใช้เวลานานที่กระบวนการใด โดยแบ่งเป็นเวลาที่เพิ่มมูลค่า (Value Added) คือเวลาในการทำงานที่เกิดการเพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงาน และเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่า (Non-Value Added) คือเวลาอื่นๆที่ไม่เป็นการเพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงาน ข้อมูลแสดงในภาคผนวก ข1-ข6 จากนั้นได้วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล ดังรูปที่ 4.20




รูปที่ 4.20 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวข้อมูลเวลานำรวม

จากรูปที่ 4.20 ผลจากกราฟวิเคราะห์การกระจายตัว (Histogram) ของข้อมูลเวลานำในการผลิตพบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) และจากกราฟวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Probability plot) พบว่า ความแปรปรวนมีการกระจายตัวแบบเกาะเส้นกันเป็นปกติ ได้เวลานำรวมเฉลี่ยเป็น 2,220 นาที มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 149.6 นาที

จากนั้นหาจำนวนครั้งที่ต้องเก็บข้อมูลเพื่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลตามหลักการศึกษาการเคลื่อนไหวและเวลา จากข้อมูลในภาคผนวก ข1-ข6 สามารถสรุปค่าเฉลี่ยและพิสัยของเวลาแต่ละกระบวนการ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยและพิสัยของเวลานำในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 แยกตามกระบวนการ

| กระบวนการ | ค่าเฉลี่ย (นาที/ตู้) | ค่าพิสัย (นาที/ตู้) |
|---|---|---|
| 1.เชื่อม | 430 | 169 |
| 2.เทสารกันไฟ | 360 | 166 |
| 3.เตรียมผิว | 699 | 179 |
| 4.พ่นสี | 314 | 115 |
| 5.บรรจุภัณฑ์ | 417 | 155 |
| รวม | 2,220 | 582 |

จากตารางที่ 4.1 พบว่าขั้นตอนที่มีค่าพิสัยมากที่สุดซึ่งใช้เป็นข้อมูลตัวแทนเพื่อหาจำนวนครั้งที่ต้องเก็บข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือคือ กระบวนการเตรียมผิว (ขั้นตอนที่มีค่าพิสัยมากที่สุด เมื่อคำนวณหาจำนวนครั้งที่ต้องเก็บข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือแล้วจะได้จำนวนครั้งมากที่สุด) โดยการหาจำนวนครั้งที่ต้องเก็บข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือใช้สูตรดังสมการ (4.1)

$$n = \left[ \frac{\frac{k}{s}\sqrt{n'\sum_{i=1}^{n'} x_i^{\,2} - (\sum_{i=1}^{n'} x_i)^2}}{\sum_{i=1}^{n'} x_i} \right]^2 \qquad (4.1)$$

เมื่อ $n$ = จำนวนครั้งที่ต้องเก็บข้อมูล

$n'$ = จำนวนครั้งในการเก็บข้อมูลตัวอย่าง

$k$ = ตัวประกอบของระดับความเชื่อมั่น

$s$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

โดยกำหนดให้ระดับความเชื่อมั่น 99% ($k = 3$) และค่าความคลาดเคลื่อน 5% ($s = 0.05$) และจากข้อมูลตัวอย่าง คำนวณค่า $\sum_{i=1}^{n'} x_i = 13{,}985$ และ $\sum_{i=1}^{n'} x_i^{\,2} = 9{,}829{,}720$ และเมื่อแทนค่าในสมการ (4.1) ได้จำนวนครั้งที่ต้องเก็บข้อมูลดังนี้

$$n = \left[ \frac{\frac{3}{0.05}\sqrt{15(9{,}829{,}720) - (13{,}985)^2}}{13{,}985} \right]^2 = 15$$

ดังนั้นไม่ต้องเก็บข้อมูลเพิ่มเนื่องจากจำนวนข้อมูลในการเก็บข้อมูลเป็น 20 ครั้ง ซึ่งเพียงพอที่ระดับความน่าเชื่อมั่นที่ 99% และมีความคลาดเคลื่อน 5%

จากนั้นแยกเวลานำของแต่ละกระบวนการออกเป็นเวลาที่เพิ่มมูลค่า อาทิเช่น เวลาที่พนักงานใช้ในการเชื่อมประกอบชิ้นงาน, เวลาในการขัด โป๊ผิวงาน, เวลาในการประกอบวัตถุดิบเข้ากับชิ้นงาน เป็นต้น ส่วนเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่า อาทิเช่น เวลาที่ใช้ในการรอคอย, เวลาในการขนย้ายจากกระบวนการหนึ่งไปอีกกระบวนการหนึ่ง, เวลาในการตรวจสอบงานว่าเป็นไปตามาตรฐานหรือไม่ เป็นต้น และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร อาทิเช่น เวลาในการปรับตั้งเครื่องเชื่อม, เวลาในการปรับตั้งเครื่องผสมสาร, เวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำงาน เป็นต้น เพื่อหาจุดคอขวดของกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เวลานำรวม เวลาเพิ่มมูลค่า เวลาไม่เพิ่มมูลค่าและเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละกระบวนการ (ก่อนปรับปรุง)

| กระบวนการ | เวลาเพิ่มมูลค่า (นาที/ตู้) | เวลาไม่เพิ่มมูลค่า (นาที/ตู้) | เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที) | เวลานำรวมของกระบวนการ (นาที/ครั้ง) | ร้อยละเวลานำแต่ละกระบวนการเทียบกับเวลานำรวมทุกกระบวนการ (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| เชื่อม | 32 | 378 | 20 | 430 | 19% |
| เทสารกันไฟ | 42 | 303 | 15 | 360 | 16% |
| เตรียมผิว | 45 | 649 | 5 | 699 | 31% |
| พ่นสี | 57 | 237 | 20 | 314 | 14% |
| บรรจุภัณฑ์ | 78 | 329 | 10 | 417 | 19% |
| เวลานำรวม | 254 | 1,890 | 70 | 2,220 | 100% |

จากตารางที่ 4.2 พบว่า เวลานำรวมทั้งกระบวนการตั้งแต่กระบวนการเชื่อมถึงกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ คือ 2,220 นาที/ตู้ โดยแยกเป็นเวลาที่เพิ่มมูลค่าเฉลี่ย 254 นาที/ตู้, เวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่าเฉลี่ย 1,890 นาที/ตู้, และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร 70 นาที/ครั้ง เมื่อคิดเป็นสัดส่วนเทียบโดยเวลานำรวมกับเวลานำของแต่ละกระบวนการพบว่า กระบวนการเตรียมผิวใช้เวลานำเฉลี่ย 31%, รองลงมากระบวนการเชื่อมและบรรจุผลิตภัณฑ์คือ 19%, กระบวนการเทสารกันไฟ 16% และกระบวนการพ่นสีคือ 14% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 สัดส่วนเวลาเพิ่มมูลค่า เวลาไม่เพิ่มมูลค่าและเวลาปรับตั้งเครื่องจักรคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับเวลานำของแต่ละกระบวนการ (ก่อนปรับปรุง)

| สัดส่วนเวลาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เทียบกับเวลานำของแต่ละกระบวนการ (ก่อนการปรับปรุง) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| กระบวนการ | เวลาเพิ่มมูลค่า | เวลาไม่เพิ่มมูลค่า | เวลาปรับตั้งเครื่องจักร | รวม |
| เชื่อม | 7% | 88% | 5% | 100% |
| เทสารกันไฟ | 12% | 84% | 4% | 100% |
| เตรียมผิว | 6% | 93% | 1% | 100% |
| พ่นสี | 18% | 76% | 6% | 100% |
| บรรจุผลิตภัณฑ์ | 19% | 79% | 2% | 100% |
| เวลานำรวม | 11% | 85% | 3% | 100% |

และจากตารางที่ 4.3 พบว่าเวลานำรวมทั้งสิ้นแยกเป็นเวลาที่เพิ่มมูลค่า 11%, เวลาไม่เพิ่มมูลค่า 85% และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร 3% โดยพบว่าเวลาไม่เพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงานที่กระบวนการ

เตรียมผิวมากที่สุดคือ 93%, รองลงมากระบวนการเชื่อมคือ 88%, กระบวนการเทสารกันไฟคือ 84%, กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ 79% และกระบวนการพ่นสี 76% ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่ากระบวนการเตรียมผิวมีเวลานำในกระบวนการเทียบกับเวลานำรวมทุกกระบวนการสูงสุดถึง 31% และจากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่ากระบวนการเตรียมผิวมีเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงานถึง 93% มีเวลาเพิ่มมูลค่าแค่ 6% ดังนั้นจึงเป็นข้อบ่งชี้ว่าเป็นกระบวนการที่ควรปรับปรุงก่อน และจากข้อมูลเวลาที่เพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงานมากที่สุดคือกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์และพ่นสี เป็น 19% และ 18% ตามลำดับ จึงควรใช้เครื่องมือการศึกษางานและหลักการ ECRS เพื่อปรับปรุงกระบวนการต่อไป

และได้พิจารณาความแปรปรวนเวลานำในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 โดยแยกเป็นกระบวนการตั้งแต่การเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสี และบรรจุผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าความแปรปรวนเวลานำในการผลิตตู้นิรภัยแยกกระบวนการ (ก่อนปรับปรุง)

| กระบวนการ | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นาที) |
|---|---|
| เชื่อม | 67 |
| เทสารกันไฟ | 54 |
| เตรียมผิว | 52 |
| พ่นสี | 30 |
| บรรจุผลิตภัณฑ์ | 45 |
| รวมทั้งกระบวนการ | 150 |

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 150 นาที โดยกระบวนการเชื่อมเกิดความแปรปรวนสูงที่สุด รองลงมากระบวนการเทสารกันไฟ เตรียมผิว บรรจุผลิตภัณฑ์และพ่นสี มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 67, 54, 52, 45 และ 30 นาที ตามลำดับ

นอกจากนี้ได้เก็บข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิตที่ค้างผลิตแต่ละกระบวนการ เพื่อใช้เป็นอีกหนึ่งตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

**4.3.2 จำนวนงานระหว่างผลิตในแต่ละกระบวนการ**

จากการเก็บข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิตแต่ละกระบวนการพบว่า มีงานค้างระหว่างผลิตในปริมาณสูง แสดงดังรูปที่ 4.21 - 4.23 แสดงงานระหว่างผลิตค้างในสายการผลิตตู้ขนาดเล็ก, ตู้ขนาดกลาง และตู้ขนาดใหญ่ ตามลำดับ

รูปที่ 4.21 งานระหว่างผลิตค้างในสายการผลิตตู้ขนาดเล็ก

รูปที่ 4.22 งานระหว่างผลิตค้างในสายการผลิตตู้ขนาดกลาง

รูปที่ 4.23 งานระหว่างผลิตค้างในสายการผลิตตู้ขนาดใหญ่

ในการเก็บข้อมูลได้เก็บข้อมูลผลผลิตการรับเข้า เบิกออกทั้งกระบวนการ ตั้งแต่กระบวนการเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสีและการบรรจุผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลงานระหว่างผลิตที่ค้างทุกกระบวนการเป็นประจำทุกวัน โดยข้อมูลแสดงในภาคผนวก ค1-ค5 จากนั้นทำการเฉลี่ยข้อมูลจำนวนตู้ที่ค้างผลิตทุกสิ้นเดือน เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 7 เดือน ตั้งแต่เดือนเมษายน ถึงเดือนตุลาคม 2553 ทำให้ได้ข้อมูลเฉลี่ยจำนวนงานระหว่างผลิตที่ค้างผลิตแต่ละกระบวนการ ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 สรุปข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยแยกตามกระบวนการ (ก่อนปรับปรุง)

| งานระหว่างผลิตในแต่ละกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 (หน่วย : ตู้/วัน) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เดือน | เชื่อม | เทสารกันไฟ | เตรียมผิว | พ่นสี | บรรจุภัณฑ์ | รวมทั้งกระบวนการ |
| เมษายน | 18 | 20 | 36 | 10 | 10 | 93 |
| พฤษภาคม | 18 | 21 | 38 | 12 | 13 | 103 |
| มิถุนายน | 17 | 24 | 39 | 11 | 11 | 102 |
| กรกฎาคม | 15 | 28 | 42 | 13 | 12 | 111 |
| สิงหาคม | 17 | 17 | 46 | 12 | 10 | 102 |
| กันยายน | 18 | 21 | 44 | 11 | 14 | 108 |
| ตุลาคม | 18 | 21 | 38 | 14 | 11 | 102 |
| เฉลี่ย | 17 | 22 | 40 | 12 | 11 | 103 |

จากตารางที่ 4.5 ข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยของแต่ละกระบวนการ 7 เดือนตั้งแต่เดือนเมษายนถึงตุลาคม 2553 พบว่ากระบวนการที่มีจำนวนงานระหว่างผลิตมากที่สุดคือกระบวนการเตรียมผิว คือ 40 ตู้/วัน, รองลงมาคือกระบวนการเทสารกันไฟ 22 ตู้/วัน, กระบวนการเชื่อม 17 ตู้/วัน, กระบวนการพ่นสี 12 ตู้/วัน, กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ 11 ตู้/วัน ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วทั้งกระบวนการในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ตั้งแต่กระบวนการเชื่อมถึงบรรจุผลิตภัณฑ์มีจำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยทั้งสิ้น 103 ตู้/วัน

โดยได้เทียบสัดส่วนจำนวนงานระหว่างผลิตในกระบวนการหน่วยเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสี และบรรจุผลิตภัณฑ์กับงานระหว่างผลิตรวมทั้งกระบวนการเป็นร้อยละ ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบจำนวนงานระหว่างผลิตในแต่ละกระบวนการกับงานระหว่างผลิตรวมทั้งกระบวนการเป็นร้อยละ (ก่อนปรับปรุง)

| สัดส่วนจำนวนงานระหว่างผลิตเทียบเป็นร้อยละ (ก่อนการปรับปรุง) | | |
|---|---|---|
| หน่วยงาน | จำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ย (ตู้/วัน) | สัดส่วนร้อยละ |
| เชื่อม | 17 | 17% |
| เทสารกันไฟ | 22 | 21% |
| เตรียมผิว | 40 | 39% |
| พ่นสี | 12 | 12% |
| บรรจุภัณฑ์ | 11 | 11% |
| รวม | 103 | 100% |

จากตารางที่ 4.6 พบว่าที่กระบวนการเตรียมผิวมี WIP มากที่สุดคือ 39%, รองลงมาคือกระบวนการเทสารกันไฟ 21%, กระบวนการเชื่อม 17%, กระบวนการพ่นสี 12% และกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ 11% ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่ากระบวนการเตรียมผิวจึงเป็นจุดคอขวดของกระบวนการ เนื่องจากพบงานระหว่างผลิตมากที่สุด

จากนั้นในขั้นตอนต่อไปได้นำข้อมูลเวลานำในการผลิตและจำนวนงานระหว่างผลิตแต่ละกระบวนการมาสร้างแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบัน ซึ่งช่วยให้เห็นแผนภาพการไหลของวัสดุและการไหลของข้อมูลสารสนเทศในการผลิตทั้งหมด มองเห็นส่วนที่เป็นปัญหาและแหล่ง

ที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า และมองเห็นคอขวดและสินค้าระหว่างผลิตในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ได้ดีขึ้น

**4.4 แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบัน**

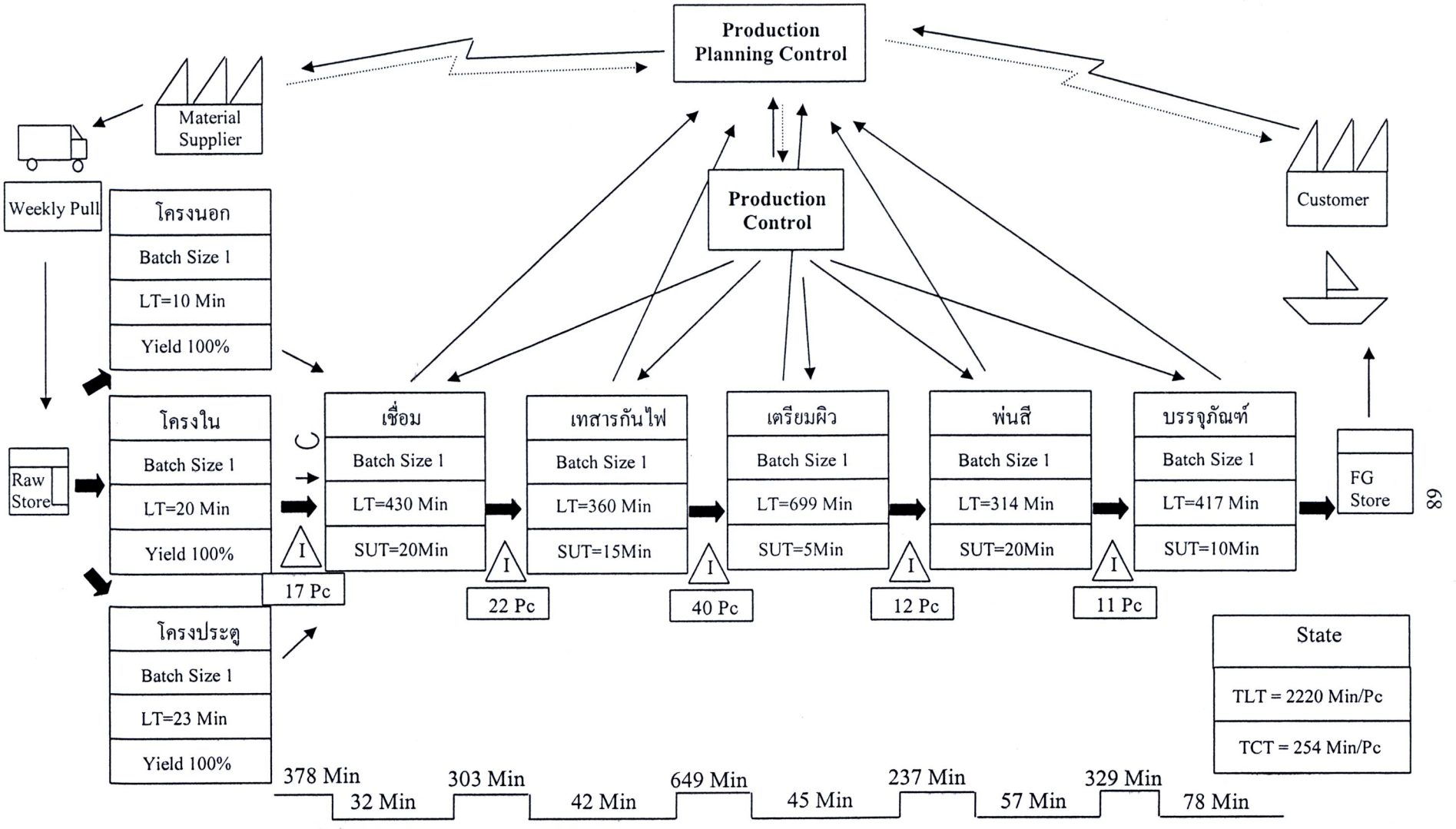
จากข้อมูลต่างๆที่ได้ศึกษาและเก็บรวบรวมมาทั้งหมด นำมาเขียนลงในแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบัน โดยมีข้อมูลหลักคือ จำนวนงานระหว่างผลิต เวลานำรวม เวลาที่เพิ่มมูลค่า เวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่า เวลาปรับตั้งเครื่องจักรแต่ละกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งจะเห็นภาพรวมทั้งระบบ ทราบทิศทางการไหลของข้อมูลสารสนเทศและวัตถุดิบ จำนวนงานระหว่างผลิตที่ค้างแต่ละกระบวนการ และเวลาที่ใช้แต่ละกระบวนการ ได้ดังรูปที่ 4.24

ตารางที่ 4.7 สรุปข้อมูลที่ได้แสดงในสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบัน

| กระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| กระบวนการ | งานระหว่างผลิต (ตู้/วัน) | เวลานำรวม (นาที/ตู้) | เวลาเพิ่มมูลค่า (นาที/ตู้) | เวลาไม่เพิ่มมูลค่า (นาที/ตู้) | เวลาปรับตั้งเครื่องจักร(นาที) |
| เชื่อม | 17 | 430 | 32 | 378 | 20 |
| เทสารกันไฟ | 22 | 360 | 42 | 303 | 15 |
| เตรียมผิว | 40 | 699 | 45 | 649 | 5 |
| พ่นสี | 12 | 314 | 57 | 237 | 20 |
| บรรจุผลิตภัณฑ์ | 11 | 417 | 78 | 329 | 10 |
| รวม | 103 | 2,220 | 254 | 1,896 | 70 |

โดยมีคำอธิบายดังนี้

- จำนวนแบต (Batch size) คือจำนวนชิ้นงานที่ผ่านแต่ละกระบวนการ
- เวลานำ (Lead Time, LT) คือเวลานำที่ใช้ในการผลิตแต่ละกระบวนการ
- เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (Set up Time, SUT) คือเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร
- เวลานำรวม (Total Lead Time, TLT) คือเวลานำรวมทั้งกระบวนการในการผลิต โดยมีเวลาเพิ่มมูลค่า เวลาไม่เพิ่มมูลค่าและเวลาปรับตั้งเครื่องจักร
- รอบเวลารวม (Total Cycle Time, TCT) คือเวลาที่ใช้ในการทำงานหรือเวลาที่เพิ่มมูลค่ารวมทั้งกระบวนการ




ดังรูปที่ 4.24 แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30

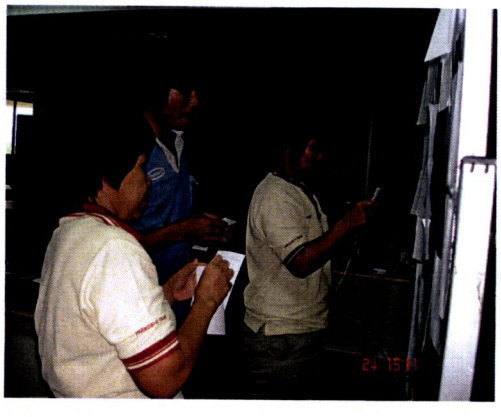
จากรูปที่ 4.24 แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะปัจจุบันของกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 จะเห็นว่าเวลานำรวมจากกระบวนการเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสีและการบรรจุผลิตภัณฑ์เฉลี่ยสูงถึง 2,220 นาที/ตู้ โดยเกิดการรอคอยที่กระบวนการการเตรียมผิว เชื่อม บรรจุผลิตภัณฑ์ เทสารกันไฟและการพ่นสีมากที่สุดตามลำดับ มีจำนวนงานระหว่างผลิตทั้งกระบวนการเฉลี่ยสูงถึง 103 ตู้/วัน โดยพบที่กระบวนการเตรียมผิว เทสารกันไฟ เชื่อม พ่นสีและการบรรจุผลิตภัณฑ์มากที่สุดตามลำดับ และมีกระบวนการเตรียมผิวเป็นจุดคอขวดของกระบวนการ

**4.5 การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา**

จากนั้นได้ปรึกษาทีมงานเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาต่างๆที่เกิดในกระบวนการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.5.1 การระดมความคิดในทีมงาน

เนื่องจากเป็นโครงการนำร่อง ที่ได้ศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทตู้นิรภัย รุ่น SB30 ดังนั้นเพื่อให้เกิดความมีส่วนร่วมและเรียนรู้ในการคิดวิเคราะห์ปัญหาร่วมกัน อีกทั้งทำให้ค้นหาปัญหาและหาทางแก้ไขได้อย่างแท้จริงและถูกต้อง จึงได้ประชุมทีมงานและผู้เกี่ยวข้องทำการระดมความคิด (Brainstorming) แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสาเหตุและปัจจัยที่มีผลทำให้เวลานำในการผลิตนานและจำนวนงานระหว่างผลิตมาก ดังรูปที่ 4.25 แสดงการร่วมระดมความคิดในทีมงาน



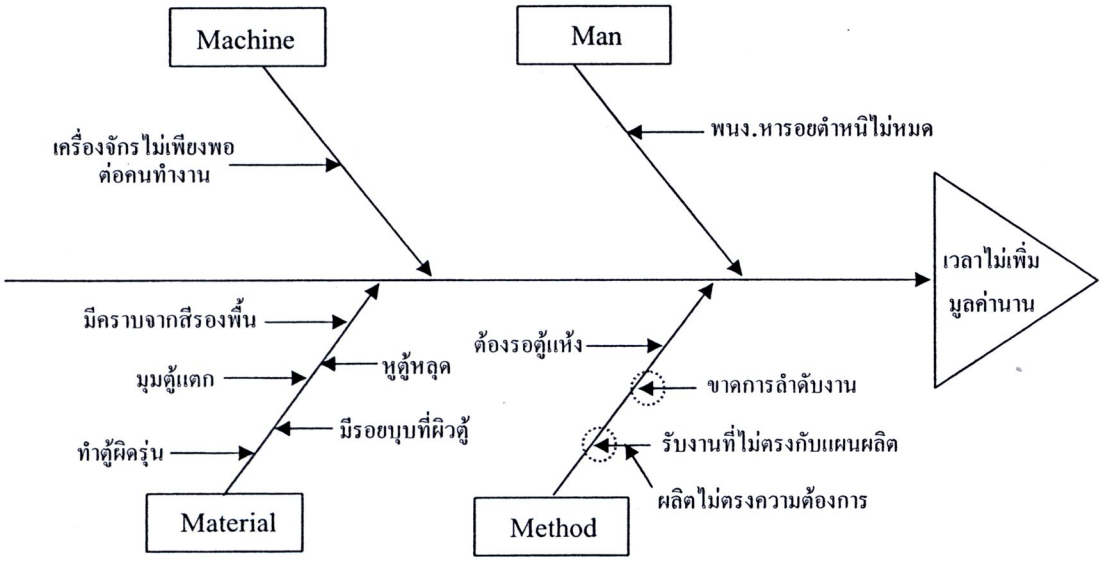
รูปที่ 4.25 การร่วมระดมความคิดในทีมงาน

จากการระดมความคิดในทีมงานเพื่อหาสาเหตุและปัจจัยที่มีผลต่อหัวข้อปัญหา โดยแยกตามกระบวนการ แล้วนำข้อมูลที่ได้ คัดแยกเป็นหมวดหมู่ออกเป็นคน เครื่องจักร วิธีการ วัตถุดิบ โดยใช้แผนผังก้างปลา ดังแสดงในหัวข้อต่อไป

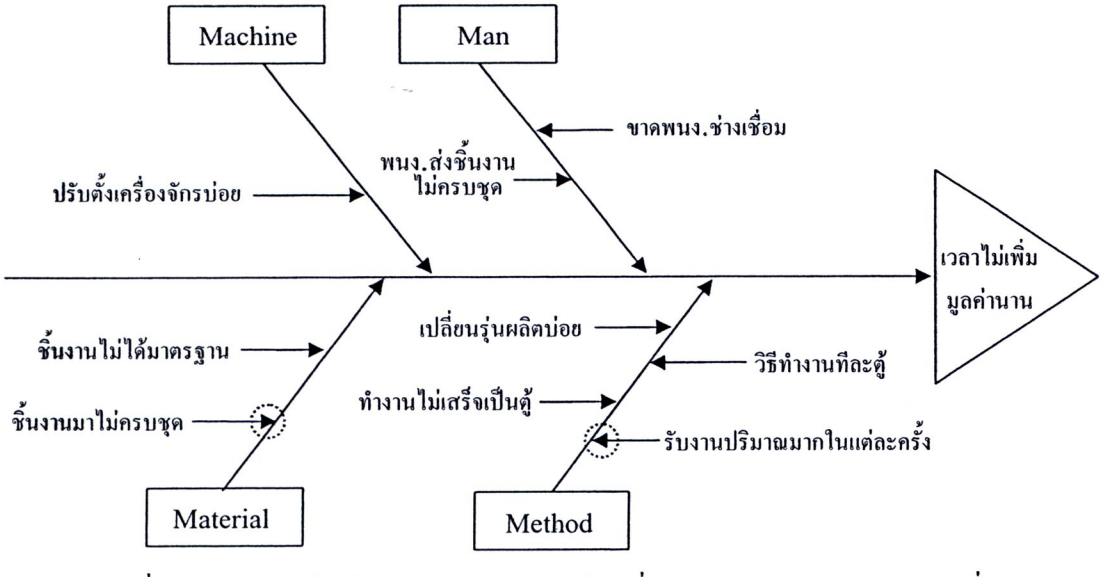
4.5.2 แผนผังก้างปลาแสดงการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการระดมความคิดร่วมกับฝ่ายผลิตและฝ่ายควบคุมคุณภาพ เพื่อแจกแจงสาเหตุหัวข้อปัญหาแต่ละกระบวนการ โดยแยกเป็นลักษณะปัญหาได้ดังต่อไปนี้

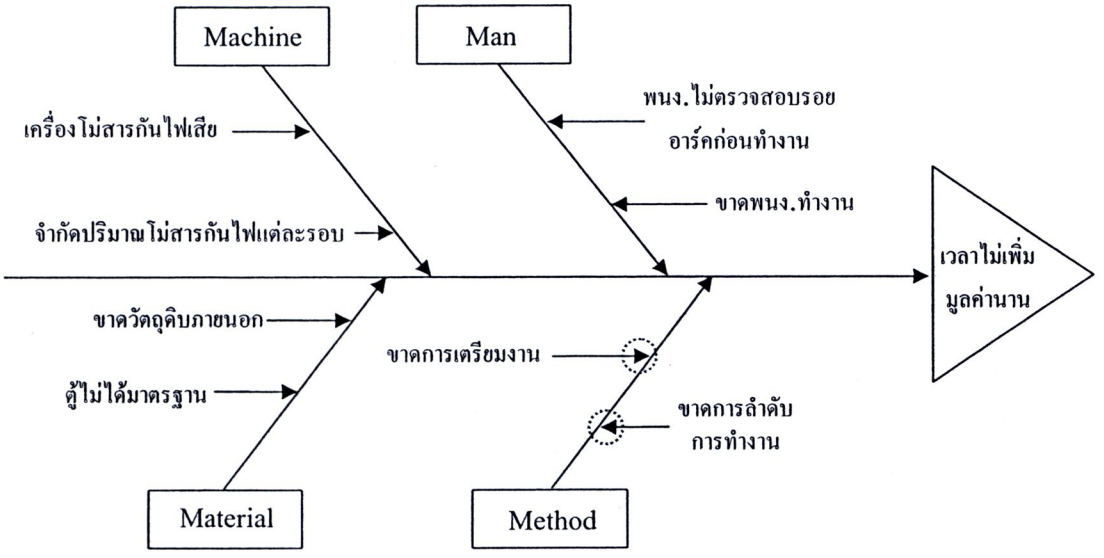
4.5.2.1 ปัญหาเวลาไม่เพิ่มมูลค่านาน โดยมีเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงานในกระบวนการนานในกระบวนการเตรียมผิว เชื่อม เทสารกันไฟ บรรจุผลิตภัณฑ์และพ่นสีตามลำดับ จึงใช้แผนผังก้างปลาจำแนกสาเหตุปัญหาดังรูปที่ 4.26-4.30



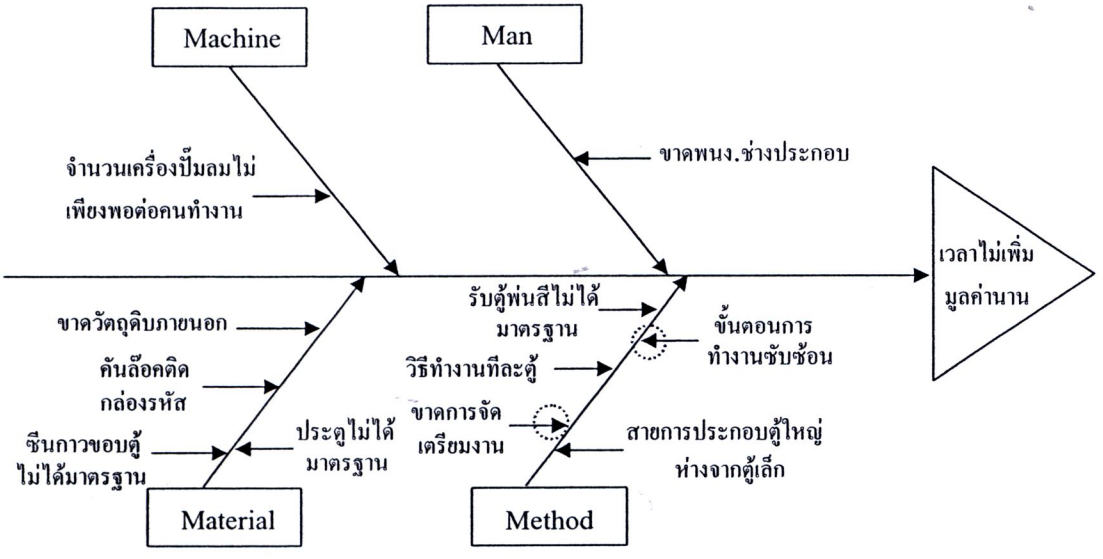

รูปที่ 4.26 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุเวลาไม่เพิ่มมูลค่านานในกระบวนการเตรียมผิว



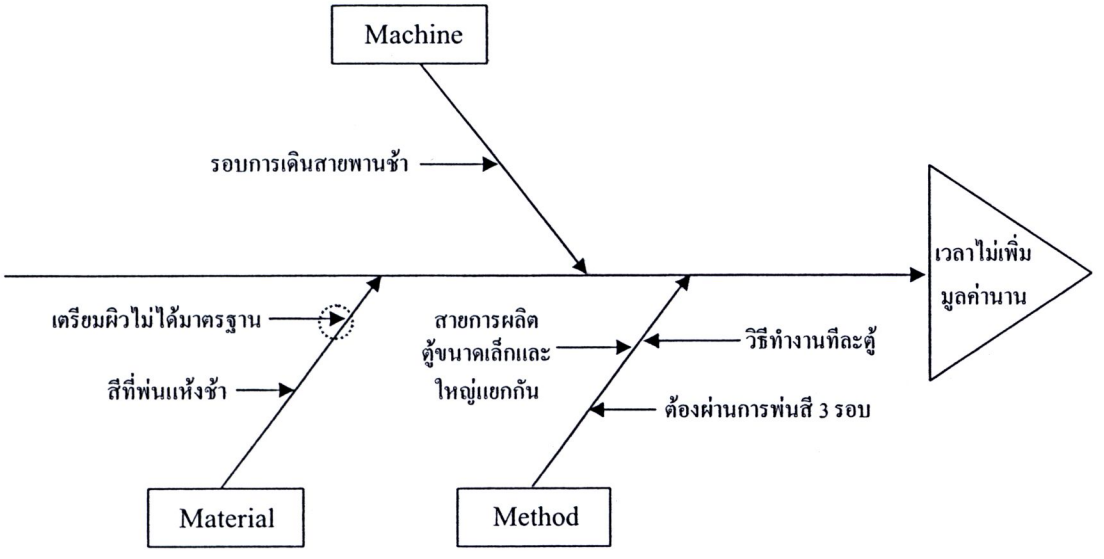

รูปที่ 4.27 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุเวลาไม่เพิ่มมูลค่านานในกระบวนการเชื่อม




รูปที่ 4.28 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุเวลาไม่เพิ่มมูลค่างานในกระบวนการเทสารกันไฟ

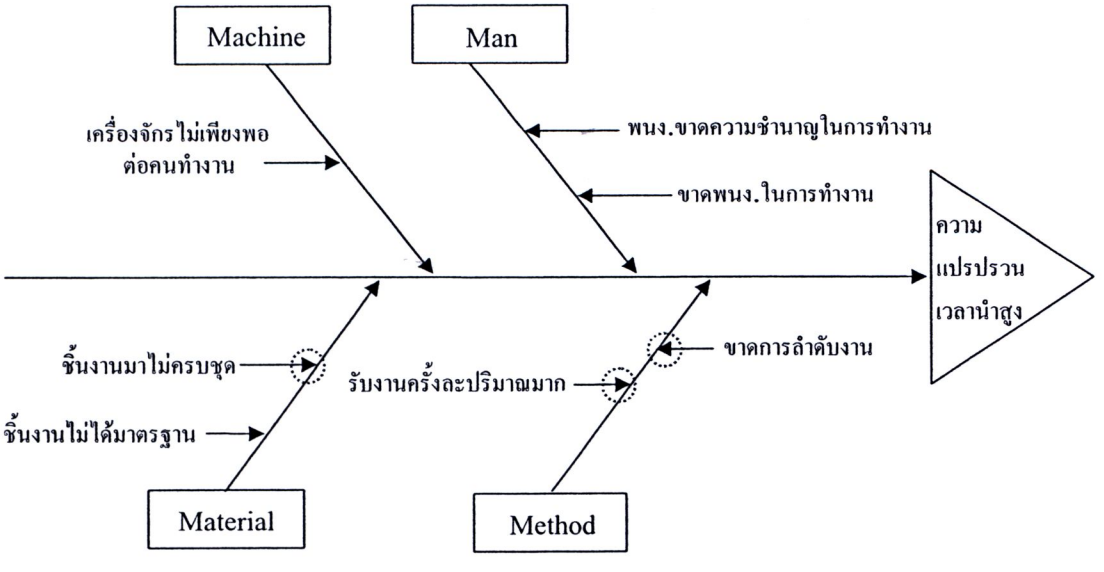



รูปที่ 4.29 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุเวลาไม่เพิ่มมูลค่างานในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์



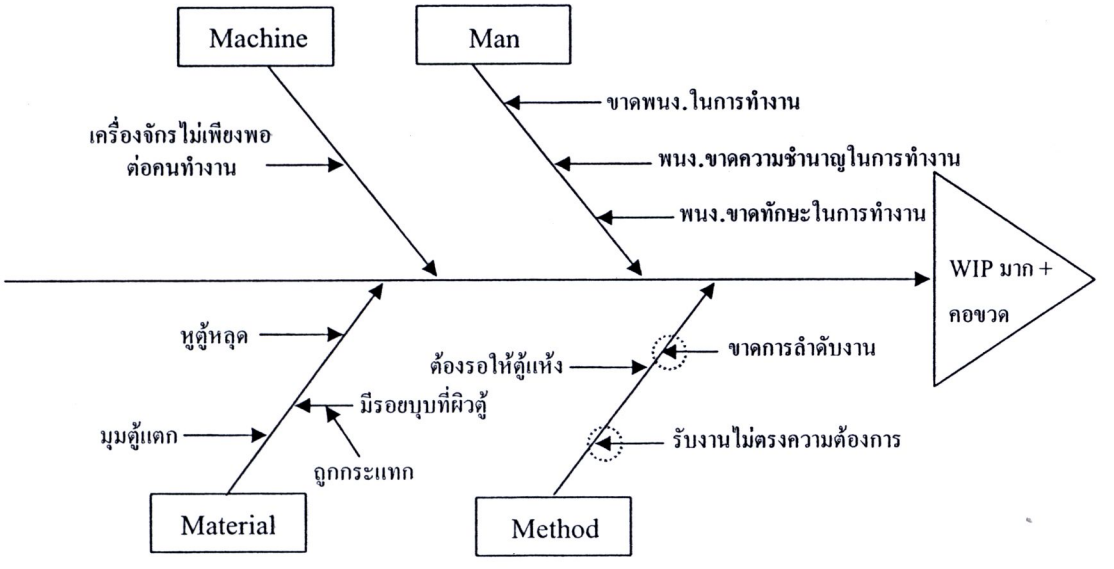

รูปที่ 4.30 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุเวลาไม่เพิ่มมูลค่านานในกระบวนการพ่นสี

4.5.2.2 ปัญหาความแปรปรวนเวลานำสูง โดยพบว่ากระบวนการเชื่อมเกิดความแปรปรวนเวลานำสูงกว่ากระบวนการอื่นๆ จึงใช้แผนผังก้างปลาจำแนกสาเหตุปัญหาดังรูปที่ 4.31

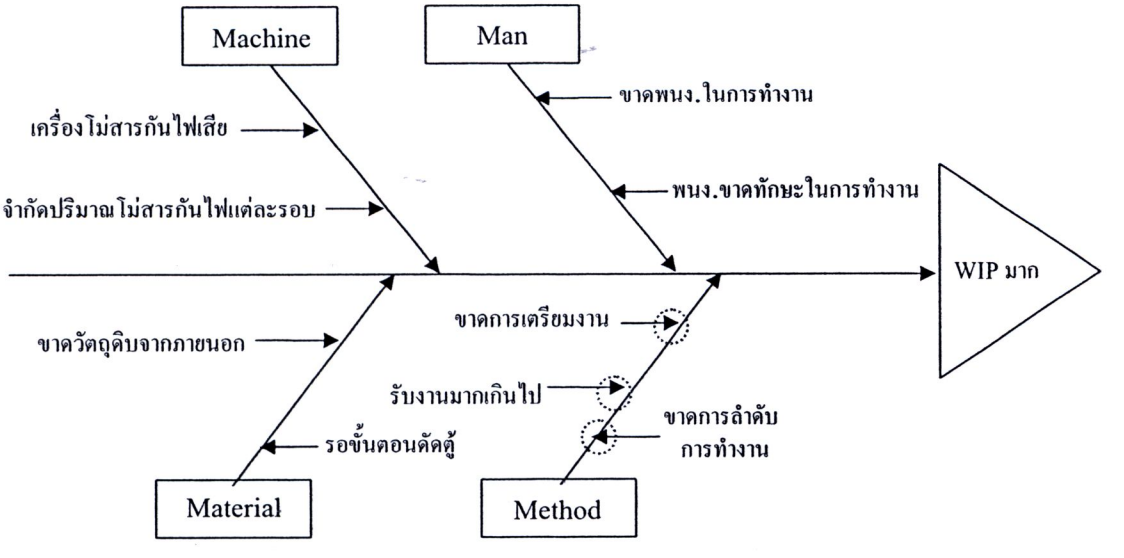



รูปที่ 4.31 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุความแปรปรวนเวลานำสูงในกระบวนการเชื่อม

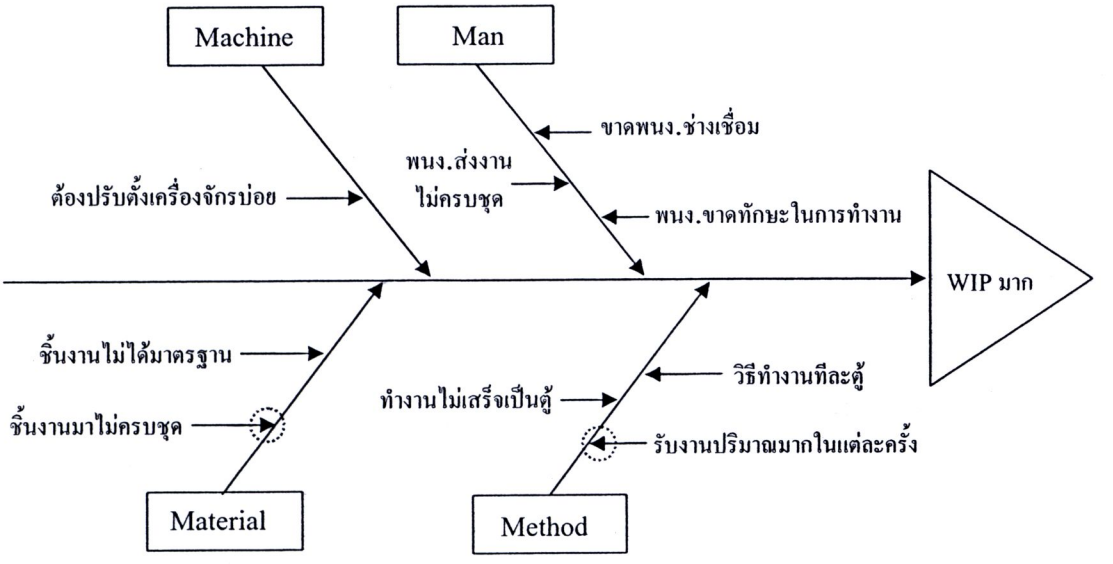
4.5.2.3 ปัญหาจำนวนงานระหว่างผลิตสูง โดยพบจำนวนงานระหว่างผลิตในกระบวนการเตรียมผิวและเป็นจุดคอขวดมากที่สุด รองลงมากระบวนการเทสารกันไฟ กระบวนการเชื่อม กระบวนการพ่นสีและกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ตามลำดับ จึงใช้แผนผังก้างปลาจำแนกสาเหตุปัญหาดังรูปที่ 4.32-4.34




รูปที่ 4.32 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุงานระหว่างผลิตมากและคอขวดในกระบวนการเตรียมผิว

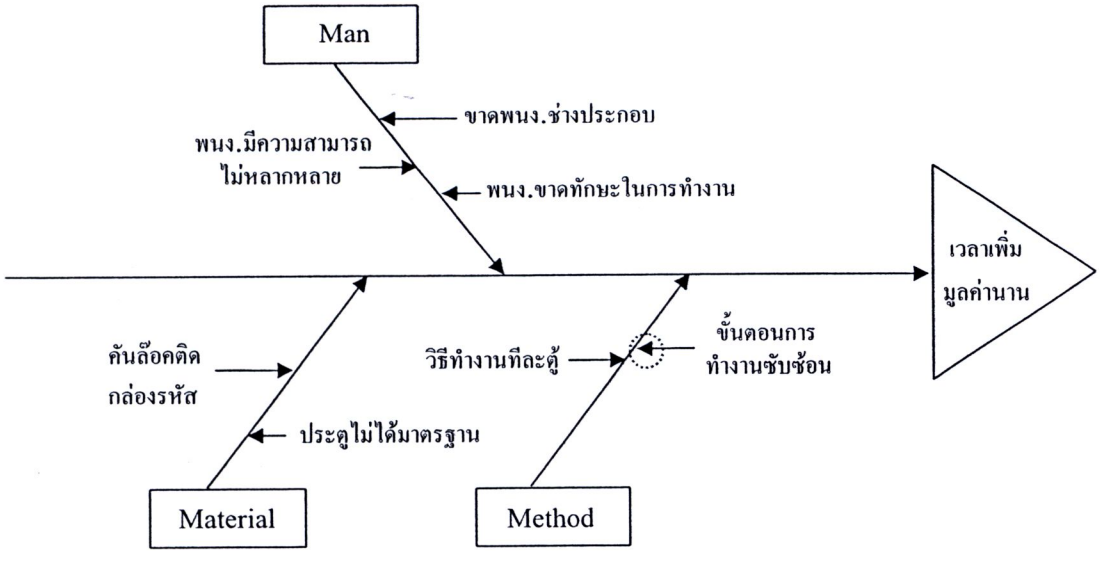



รูปที่ 4.33 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุงานระหว่างผลิตมากในกระบวนการเทสารกันไฟ




รูปที่ 4.34 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุงานระหว่างผลิตมากในกระบวนการเชื่อม

4.5.2.4 ปัญหาเวลาเพิ่มมูลค่านาน ซึ่งพบว่ากระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์และกระบวนการพ่นสี เป็นกระบวนการที่มีเวลาที่เพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงานมากที่สุด แต่จากการศึกษาพบว่ากระบวนการพ่นสีเป็นสายการผลิตที่มีลักษณะสายพานเดินเครื่องจักรอัตโนมัติ ซึ่งยากต่อการจะปรับเปลี่ยนความเร็วของสายพานดังกล่าว อันจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการพ่นสีชิ้นงานได้ ดังนั้นแล้วงานวิจัยนี้จึงพิจารณาเฉพาะที่กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ แสดงดังแผนผังก้างปลาจำแนกสาเหตุปัญหา ดังรูปที่ 4.35




รูปที่ 4.35 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุเวลาเพิ่มมูลค่านานในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์

4.5.3 ผลการประเมินเพื่อคัดเลือกสาเหตุหรือปัจจัยที่สำคัญของการเกิดปัญหา

จากการระดมความคิดเพื่อแจกแจงสาเหตุ ผลกระทบของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลาในรูปที่ 4.26 - 4.35 ผู้วิจัยได้นำมาทำการประเมินเพื่อคัดเลือกสาเหตุหรือปัจจัยที่สำคัญมาทำการศึกษาโดยให้พนักงานฝ่ายผลิตและผู้เกี่ยวข้อง ทำการประเมินโดยใช้เกณฑ์ตามตารางที่ 3.1 และผลการประเมินดังกล่าวแสดงตามภาคผนวก ง1-ง10 สามารถสรุปสาเหตุสำคัญที่ยังไม่ได้รับการแก้ปัญหาหรือปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา โดยทำเครื่องหมายวางกลมที่หัวข้อปัญหาแผนผังก้างปลา จากนั้นสรุปผลการประเมินและแนวทางการแก้ปัญหา ที่เป็นสาเหตุ ผลกระทบของปัญหาที่ทำให้เวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่าแก่ชิ้นงานในกระบวนการต่างๆรวมถึงเครื่องมือที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ แยกเป็นสรุปผลการประเมินและแนวทางการแก้ไขปัญหาเวลาเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่านาน ปัญหาความแปรปรวนเวลานำสูง ปัญหาจำนวนงานระหว่างผลิตมากและคอขวดกระบวนการ ปัญหาเวลาเพิ่มมูลค่านาน ตามตารางที่ 4.8 - 4.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 สรุปสาเหตุ ผลกระทบและเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาเวลาไม่เพิ่มมูลค่านาน

| กระบวนการ | สาเหตุของปัญหา | ผลกระทบที่เกิด | เครื่องมือแก้ไข |
|---|---|---|---|
| เตรียมผิว | วิธีการ<br>-รับงานไม่ตรงกับแผนผลิต<br>-ขาดการลำดับงาน | เกิดคอขวดและทำให้เกิดการรอคอย<br>เกิดความแปรปรวนในกระบวนการ | KANBAN |
| เชื่อม | วัสดุ<br>-ชิ้นงานมาไม่ครบชุด<br>วิธีการ<br>-รับงานปริมาณมากในแต่ละครั้ง | รออะไหล่ให้ครบจึงจะเชื่อมโครงตู้ได้<br>เกิดการรอคอยนานและความแปรปรวนสูง | KANBAN<br>Small Lot size |
| เทสารกันไฟ | วิธีการ<br>-ขาดการลำดับการทำงาน<br>-ขาดการเตรียมงาน | เกิดความแปรปรวนในกระบวนการ<br>เกิดการรอคอยในการกระบวนการ | KANBAN |
| บรรจุผลิตภัณฑ์ | วิธีการ<br>-ขั้นตอนงานซับซ้อน<br>-ขาดการจัดเตรียมงาน | ทำให้ทำงานลำบาก ใช้เวลานาน<br>เกิดการรอคอยในการกระบวนการ | Work study<br>KANBAN |
| พ่นสี | วัสดุ<br>-เตรียมผิวไม่ได้มาตรฐาน | เกิดการ Rework | อบรมพนักงาน |

ตารางที่ 4.9 สรุปสาเหตุ ผลกระทบและเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาความแปรปรวนเวลานำสูง

| กระบวนการ | สาเหตุของปัญหา | ผลกระทบที่เกิด | เครื่องมือแก้ไข |
|---|---|---|---|
| เชื่อม | วัสดุ<br>ชิ้นงานมาไม่ครบ | ทำให้ต้องเปลี่ยนลำดับการทำงาน | KANBAN |
| | วิธีการ<br>ขาดการลำดับงาน | เกิดความแปรปรวนสูง | KANBAN |
| | รับงานแต่ละครั้งปริมาณมาก | เกิดความแปรปรวนสูง | Small Lot size |

ตารางที่ 4.10 สรุปสาเหตุ ผลกระทบและเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาจำนวนงานระหว่างผลิตมากและคอขวดกระบวนการ

| กระบวนการ | สาเหตุของปัญหา | ผลกระทบที่เกิด | เครื่องมือแก้ไข |
|---|---|---|---|
| เตรียมผิว | วิธีการ<br>ขาดการลำดับการทำงาน | เกิดความแปรปรวนในกระบวนการ | KANBAN |
| | รับงานไม่ตรงกับความต้องการ | เกิดปัญหา WIP จม | |
| เทสารกันไฟ | วิธีการ<br>ขาดการลำดับรายการทำงาน | เกิดความแปรปรวนในกระบวนการ | KANBAN |
| | รับงานมากเกินไป | เกิดงานรอคอยในกระบวนการ | |
| | ขาดการเตรียมงาน | ทำให้เกิดการรอคอยเพื่อเตรียมงาน | |
| เชื่อม | วัสดุ<br>ชิ้นงานมาไม่ครบชุด | รอจัดอะไหล่ให้ครบจึงทำงานได้ | KANBAN |
| | วิธีการ<br>รับงานปริมาณมากในแต่ละครั้ง | เกิด WIP มากและความแปรปรวนสูง | Small Lot size |

ตารางที่ 4.11 สรุปสาเหตุ ผลกระทบและเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาเวลาเพิ่มมูลค่านาน

| กระบวนการ | สาเหตุของปัญหา | ผลกระทบที่เกิด | เครื่องมือแก้ไข |
|---|---|---|---|
| บรรจุผลิตภัณฑ์ | วิธีการ<br>ขั้นตอนทำงานซับซ้อน | ทำให้ทำงานยาก ใช้เวลาทำงานนาน | ECRS |
| | ขาดการจัดเตรียมงาน | เกิดการรอคอยในการกระบวนการ | KANBAN |

จากการวิเคราะห์ปัญหาและหาสาเหตุต่างๆ ตามตารางที่ 4.8-4.11 สรุปวิธีการในการแก้ไขปรับปรุงแยกตามหัวข้อปัญหา ได้ตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 เครื่องมือในการแก้ไขปัญหาแยกตามหัวข้อปัญหา

| หัวข้อปัญหา | เครื่องมือลีนที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Work study | ECRS | Kanban | Small lot size | Visual control |
| ลดเวลานำเฉลี่ยในการผลิต | | | | | |
| - เวลาไม่เพิ่มมูลค่า | | / | / | / | |
| - เวลาปรับตั้งเครื่องจักร | | / | | | |
| - เวลาเพิ่มมูลค่า | / | / | | | |
| ลดความแปรปรวนของเวลานำในการผลิต | | | / | / | |
| ลดงานระหว่างผลิตและคอขวดกระบวนการ | | | / | / | |
| อื่นๆ | | | | | / |

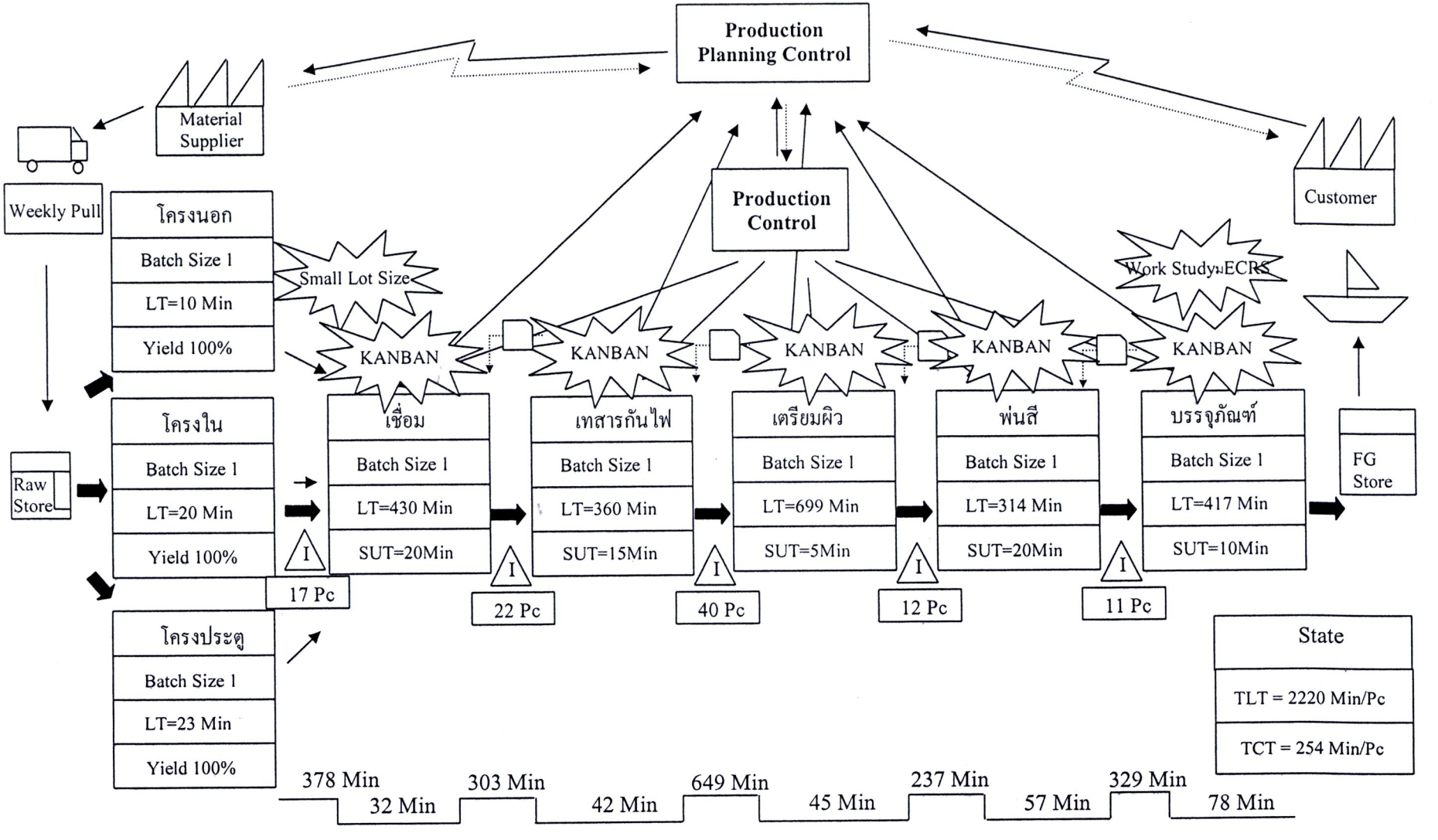
**4.6 แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะอนาคต**

หลังจากทราบสาเหตุของปัญหาจึงคิดแนวทางแก้ไขปัญหาแต่ละหัวข้อปัญหาคือ ปัญหาเวลานำในการผลิตนาน ปัญหาจำนวนงานระหว่างผลิตสูงและปัญหาเวลาเพิ่มมูลค่านาน โดยเลือกเครื่องมือ จากนั้นได้เขียนแผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะอนาคต ซึ่งกำหนดเครื่องมือของลีนและวิธีการปรับปรุงที่จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าสามารถผลิตได้ตามเวลาและคุณภาพที่กำหนด แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะอนาคตจะแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือเหล่านี้ถูกนำไปใช้ที่ใดบ้าง

การวางแผนการเขียนแผนภาพสถานะอนาคตเป็นการบ่งชี้โอกาสเพื่อจะได้ออกแบบสายธารแห่งคุณค่าที่ปราศจากความสูญเปล่าและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยขั้นตอนการออกแบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 มีดังนี้

1. กำหนดวิธีควบคุมการผลิตต้นทาง เป็นการกำหนดวิธีการควบคุมการไหลของการผลิต โดยประยุกต์ใช้ระบบคัมบังในการสั่งผลิต
2. กำหนดวิธีการปรับปรุงในการนำไปใช้ ประกอบด้วยวิธีการและเครื่องมือที่ใช้เพื่อปรับปรุงการไหล โดยใช้การลดขนาดการขนส่งงานระหว่างกระบวนการ การควบคุมด้วยสายตา

จากขั้นตอนการออกแบบการผลิตแบบลีนในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ได้ตามรูปที่ 4.36




ดังรูปที่ 4.36 แผนภาพสายธารแห่งคุณค่าสถานะอนาคตของกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30

**4.7 การดำเนินการแก้ไขปัญหา**

หลังจากการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เวลานำในการผลิตนาน ความแปรปรวนของเวลานำสูงและจำนวนงานระหว่างผลิตมาก ได้ประยุกต์ใช้เครื่องมือตามแนวคิดการผลิตแบบลีน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**4.7.1 การลดความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของเวลานำในการผลิต** เครื่องมือลีนที่นำมาใช้แก้ไขปัญหาเวลานำสูงมีดังนี้

1. การประยุกต์ใช้ระบบคัมบัง ได้นำระบบคัมบังมาประยุกต์ใช้โดยจะผลิตเฉพาะรายการจำนวน และตามเวลาที่ต้องการ โดยกำหนดเวลานำในการสั่งซื้อจนถึงการรับงานระหว่างหน่วยงานอยู่ที่ 3 วัน ซึ่งทั้งนี้จากข้อมูลในอดีตพบว่า รายการสินค้าที่สั่งผลิตมีเวลานำแต่ละรายการไม่เกิน 2 วันรวมกับระยะเวลาที่ปลอดภัย แล้วเฉลี่ยจึงกำหนดที่ 3 วัน โดยกำหนดให้เรียกล่วงหน้าเป็นเวลา 3 วันจากวันส่งของ ทั้งนี้รอบเวลาที่กำหนดดังกล่าวมาจากการข้อมูลในอดีตคือ

รอบเวลาในการเรียกคัมบัง = เวลาทำงาน+ เวลาเผื่อปลอดภัย (4.2)

จากรอบเวลาดังกล่าวพบว่า เป็นรอบเวลาที่เหมาะสมโดยไม่เกิดปัญหาในการจัดเตรียมงานของกระบวนการที่ถูกเรียกงาน ซึ่งกำหนดให้ตรวจสอบจากสินค้าที่ค้างระหว่างผลิตก่อนเสมอ เนื่องจากข้อมูลก่อนการปรับปรุงพบว่า มีจำนวนงานระหว่างผลิตค้างกระบวนการในปริมาณสูง ทั้งนี้เพื่อทำให้สามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตดังกล่าว โดยการดึงมาใช้ผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูปตามลูกค้าต้องการได้

การใช้คัมบัง จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นฐาน 3 ข้อ ได้แก่

1. การเฉลี่ยงานการผลิตของชนิดและปริมาณของการผลิต
2. ผังการจัดวางของขั้นตอนการผลิต
3. กำหนดงานตามมาตรฐาน

ขั้นตอนการสร้างคัมบังระบบดึงในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย มี 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ

1. วิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า (Demand Analysis) คือคำนวณว่าผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่มมีความต้องการของลูกค้าเท่าไหร่ต่อวัน ดังตางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 วิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า

| Safe Group | Demand per day | Time (min) | Container size (Kanban size) |
|---|---|---|---|
| A | 5 | 225 | 5 |
| B | 9 | 270 | 9 |
| C | 9 | 180 | 9 |
| รวม | 23 | 675 | |
| เฉลี่ย | 675/23 =29.35 min per safe | | |

จากตารางที่ 4.13 พบว่า ความต้องการของลูกค้าที่มีในผลิตภัณฑ์นิรภัยแบ่งได้ 3 กลุ่ม

A (ขนาดใหญ่) 5 ตู้/วัน ใช้เวลา = 5x45 = 225 min ขนาดคัมบัง = 5

B (ขนาดกลาง) 9 ตู้/วัน ใช้เวลา = 9x30 = 270 min ขนาดคัมบัง = 9

C (ขนาดเล็ก) 9 ตู้/วัน ใช้เวลา = 9x20 = 180 min ขนาดคัมบัง = 9

2. วิเคราะห์กำลังการผลิต (Capacity Analysis) คือคำนวณความต้องการเทียบกับกำลังการผลิตที่มี โดยแสดงรายละเอียดดังนี้

| | | | |
|---|---|---|---|
| C | Total Available Time | = 60 min x12 Hr. | = 720 min/day |
| D | Uptime Time | | = 100 % |
| E | Net Available Time | ( C x D ) | = 720 min/day |
| F | Unit Required | | = 23 Safe/day |
| G | Cycle Time | | = 29.35 min/Safe |
| H | Operation Time | ( F x G ) | = 675 min/day |
| I | Set-Up Time Available | ( E - H) | = 45 min/day |
| J | Time per Set-up | | = 15 min/Set-Up |
| K | Max Set-Ups | ( I / J ) | = 3 Set-Up/day |
| L | Allocate Set-ups | | |

| | | |
|---|---|---|
| Safe Group A (ขนาดใหญ่) | 0.6 | Set-ups/day |
| Safe Group B (ขนาดกลาง) | 1.2 | Set-ups/day |
| Safe Group C (ขนาดเล็ก) | 1.2 | Set-ups/day |

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3. คำนวณหาจำนวนคัมบัง (Kanban Calculation) รายละเอียดดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 คำนวณหา Order Cycle

| Safe Group | Demand per day | %Demand | Category | Allocate Set-Up (Set-Up/day) | Order Cycle (Day) |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 5 | 22% | III | 0.8 | 1/0.8 = 1.25 |
| B | 9 | 39% | I | 1.1 | 1/1.1 = 0.9 |
| C | 9 | 39% | II | 1.1 | 1/1.1 = 0.9 |
| รวม | 23 | 100% | | 3 | |

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อเทียบความต้องการรวมของลูกค้ากับแต่ละประเภทกลุ่มตู้นิรภัย คือ B ผลิตภัณฑ์ขนาดกลางและ C ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก มีสัดส่วนความต้องการอย่างละเท่ากับ 39% ในขณะที่ A ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่มีสัดส่วนความต้องการของลูกค้า 22% และ Order Cycle เป็น 1.25, 0.9 และ 0.9 ตามลำดับ เพื่อใช้คำนวณในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 คำนวณหาจำนวนคัมบัง

| Safe Group | Demand per day | Order Cycle (Day) | Manufacturing Cycle (Day) | Safety Stock | Container size (Kanban size) | No. of Kanbans |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 5 | 1.25 | 1 | 0.5 | 5 | 5 x (1.25+1+0.5)/5 = 2.75 |
| B | 9 | 0.9 | 1 | 0.5 | 9 | 9 x (0.9+1+0.5)/9 = 2.4 |
| C | 9 | 0.9 | 1 | 0.5 | 9 | 7 x (0.9+1+0.5)/9 = 2.4 |
| รวม | 23 | | | | | |

จากตารางที่ 4.15 ได้ No. of Kanbans ตามคำนวณคือ B ผลิตภัณฑ์ขนาดกลางและ C ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก เป็น 2.4 และ A ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ เป็น 2.75 โดยทำการปัดให้เป็นเลขจำนวนเต็มได้ใหม่คือ A ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่จาก 2.75 เป็น 3, B ผลิตภัณฑ์ขนาดกลางจาก 2.4 เป็น 3 และ C ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กจาก 2.4 เป็น 3 และใช้ในคำนวณตารางที่ 4.16

4. คำนวณหา Run line (Run line Table Calculation) รายละเอียดดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 คำนวณหา Run line

| Safe Group | Demand per day | Kanban Actual | Order Cycle (Day) | Run line Calculation (Cards) | Roundup Run Line (Cards) |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 5 | 3 | 1.25 | (5 X 1.25)/5 | 2 |
| B | 9 | 3 | 0.9 | (9 X 0.9)/9 | 1 |
| C | 9 | 3 | 0.9 | (9 X 0.9)/9 | 1 |

จากตารางที่ 4.16 พบว่า Run line ของผลิตภัณฑ์กลุ่ม A ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่, B ผลิตภัณฑ์ขนาดกลางและกลุ่มผลิตภัณฑ์ C ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก คือ 2, 1 และ 1 ตามลำดับ

จากนั้นจะเขียนรายละเอียดงานที่จะสั่งผลิตในใบคัมบังสั่งผลิต เพื่อทำการสั่งผลิตกับกระบวนการก่อนหน้าทุกครั้ง ซึ่งรายละเอียดในบัตรคัมบัง แสดงดังรูปที่ 4.37

| Kanban Cards | |
|---|---|
| กระบวนการ | ..... |
| No.Job | ..... |
| Order | ..... |
| รุ่น | ..... |
| จำนวน | ..... |
| วันสั่งผลิต | ..... |
| กำหนดส่ง | ..... |

รูปที่ 4.37 บัตรคัมบังสั่งผลิต

จากรูปที่ 4.37 เห็นว่าในรายละเอียดใบคัมบังที่ใช้สั่งผลิตในกระบวนการก่อนหน้ามีให้ระบุกระบวนการไหน เลขที่งานเท่าไหร่ สำหรับลูกค้าประเทศอะไร ผลิตภัณฑ์ที่สั่งผลิต จำนวน และที่สำคัญวันที่สั่งผลิตและวันกำหนดส่ง ซึ่งเป็นกฎสำคัญที่ใช้และถือปฏิบัติอย่างเคร่งครัด

ลักษณะบอร์ดคัมบังตามแนวนอนจะแบ่งเป็น 6 ช่องตามวันทำงานคือ วันจันทร์-วันเสาร์ และแนวตั้งจะมี 3 แถวคือ แผนผลิต กำลังผลิต ผลิตเสร็จ ตัวอย่างบอร์ดคัมบัง ดังรูปที่ 4.38 ซึ่งหากในช่องแต่ละวันมีคัมบัง 2 ใบขึ้นไป กำหนดให้พิจารณาโดยดูวันส่งงานเป็นสำคัญ เพื่อจัดลำดับในการทำงานในแต่ละวันได้

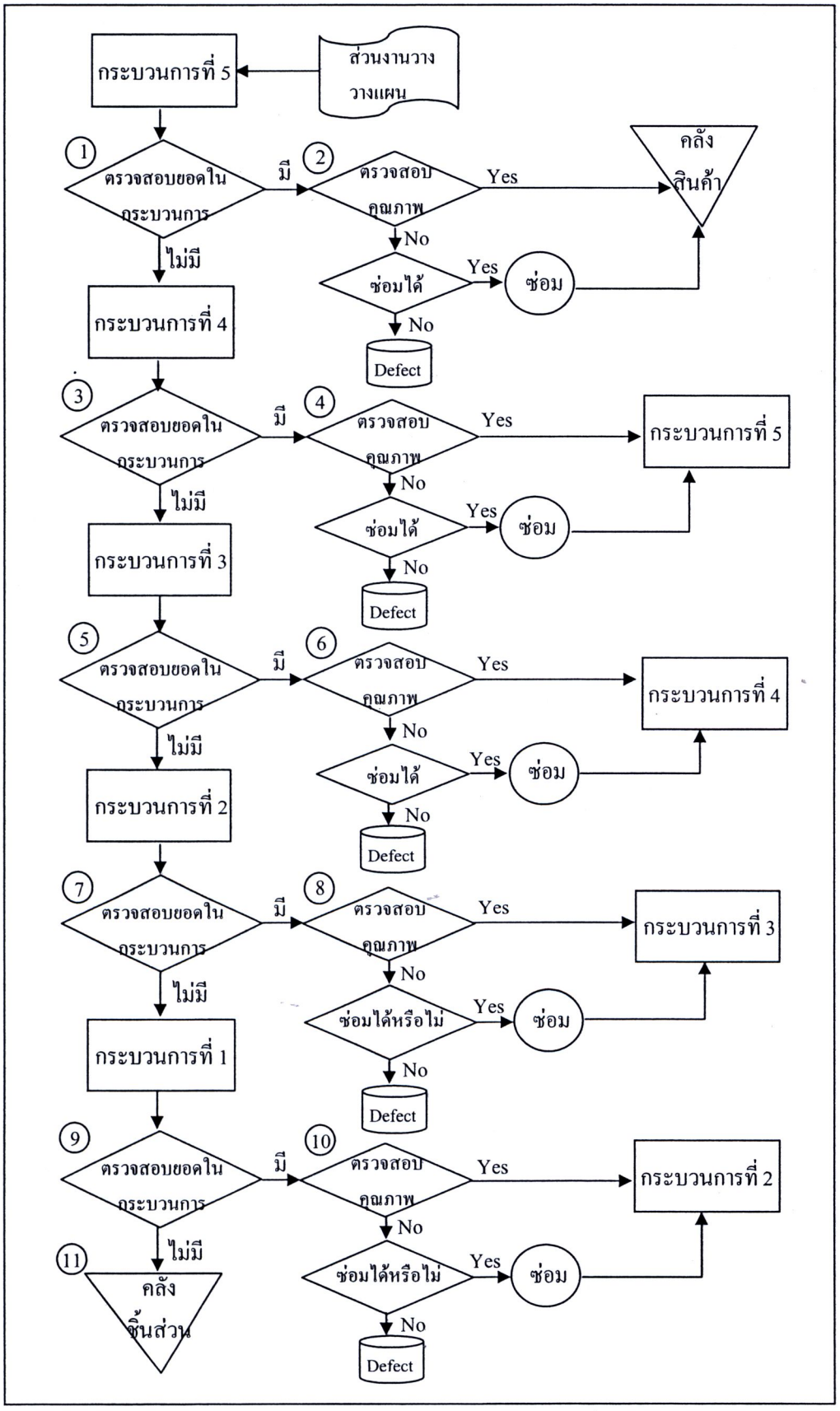
รูปที่ 4.38 บอร์ดคัมบังที่ใช้ในกระบวนการผลิต

การใช้งานบอร์ดคัมบังคือ เมื่อมีคัมบังเรียกจากกระบวนการถัดไปในช่องแผนผลิตตามวันทำงานแล้ว หัวหน้าหน่วยงานจะเลือกคัมบังที่มีกำหนดส่งเร็วกว่ามาทำงานก่อนซึ่งจะใส่ในช่องกำลังผลิตตามวันนั้นๆ แล้วเมื่อผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้วจะเปลี่ยนมาใส่ช่องผลิตเสร็จ ก่อนจะนำคัมบังพร้อมงานไปส่งให้กระบวนการถัดไป

ในขณะเดียวกันกระบวนการใดๆทำการเรียกงานจากกระบวนการก่อนหน้า ก็จะเขียนคัมบังแล้วไปใส่ในช่องแผนผลิตตามวันต่างๆ โดยสรุปขั้นตอนของการไหลเวียนคัมบังสั่งผลิตดังต่อไปนี้

1. ได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าหรือคัมบังสั่งผลิต มีรายการรุ่น จำนวนสินค้า วันรับส่งมอบ
2. สำรวจรายการ จำนวนงานที่มีในกระบวนการแล้วจัดส่งให้กระบวนการถัดไป
3. หากไม่มีงานตามต้องการ ให้เขียนคัมบังสั่งผลิตไปใส่ติดบอร์ดคัมบังช่องแผนผลิตในกระบวนการก่อนหน้า
4. ได้งานตามรายการและจำนวนที่ต้องการ จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการแล้วจัดส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป

ส่วนแผนภาพการไหลเวียนระบบคัมบังทั้งกระบวนการ อธิบายได้ดังดังรูปที่ 4.39




รูปที่ 4.39 หลักการนำคัมบังมาประยุกต์ใช้ในระบบการผลิต

จากรูปที่ 4.39 เห็นว่ามีการสั่งผลิตจากกระบวนการถัดไปเมื่อมีความต้องการตามรายการจำนวนและเวลาที่แน่นอนจากใบคัมบังเท่านั้น ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดการผลิตซ้ำและทำให้ลดงานระหว่างกระบวนการที่ค้างผลิตแผนกต่างๆได้ หลักการทำงานอย่างละเอียดสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. กระบวนการที่ 5 หน่วยบรรจุภัณฑ์ ตรวจสอบรายการงานตามคำสั่งซื้อของลูกค้าจากงานระหว่างผลิตที่มีในกระบวนการ

2. หากมีเพียงพอตามรายการและจำนวนแล้ว ทำการตรวจสอบคุณภาพสินค้า และทำงานให้เป็นสินค้าสำเร็จรูปเพื่อส่งคลังสินค้าต่อไป แต่ขณะเดียวกันหากตรวจสอบรายการงานแล้วพบว่าไม่มีหรือมีไม่เพียงพอตามรายการและจำนวนดังกล่าว ก็เขียนใบคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 4

3. กระบวนการที่ 4 เมื่อได้รับคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 5 ระบุรายการจำนวนและวันที่ต้องส่งแล้ว ตรวจสอบจากยอดค้างระหว่างผลิตในกระบวนการ

4. หากมีเพียงพอตามรายการและจำนวนแล้ว ทำการตรวจสอบคุณภาพสินค้าหากเป็นงานที่ใช้ได้ก็จะส่งไปยังกระบวนการที่ 5 ต่อไป แต่ขณะเดียวกันหากตรวจสอบรายการงานแล้วพบว่าไม่มีหรือมีไม่เพียงพอตามรายการและจำนวนดังกล่าว ก็เขียนใบคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 3

5. กระบวนการที่ 3 เมื่อได้รับคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 4 ระบุรายการจำนวนและวันที่ต้องส่งแล้ว ตรวจสอบจากยอดค้างระหว่างผลิตในกระบวนการ

6. หากมีเพียงพอตามรายการและจำนวนแล้ว ทำการตรวจสอบคุณภาพสินค้าหากเป็นงานที่ใช้ได้ก็จะส่งไปยังกระบวนการที่ 4 ต่อไป แต่ขณะเดียวกันหากตรวจสอบรายการงานแล้วพบว่าไม่มีหรือมีไม่เพียงพอตามรายการและจำนวนดังกล่าว ก็เขียนใบคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 2

7. กระบวนการที่ 2 เมื่อได้รับคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 3 ระบุรายการจำนวนและวันที่ต้องส่งแล้ว ตรวจสอบจากยอดค้างระหว่างผลิตในกระบวนการ

8. หากมีเพียงพอตามรายการและจำนวนแล้ว ทำการตรวจสอบคุณภาพสินค้าหากเป็นงานที่ใช้ได้ก็จะส่งไปยังกระบวนการที่ 3 ต่อไป แต่ขณะเดียวกันหากตรวจสอบรายการงานแล้วพบว่าไม่มีหรือมีไม่เพียงพอตามรายการและจำนวนดังกล่าว ก็เขียนใบคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 1

9. กระบวนการที่ 1 เมื่อได้รับคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการที่ 2 ระบุรายการจำนวนและวันที่ต้องส่งแล้ว ตรวจสอบจากยอดค้างระหว่างผลิตในกระบวนการ

10. หากมีเพียงพอตามรายการและจำนวนแล้ว ทำการตรวจสอบคุณภาพสินค้าหากเป็นงานที่ใช้ได้ก็จะส่งไปยังกระบวนการที่ 2 ต่อไป แต่ขณะเดียวกันหากตรวจสอบรายการงานแล้วพบว่าไม่มีหรือมีไม่เพียงพอตามรายการและจำนวนดังกล่าว ก็เขียนใบคัมบังสั่งผลิตจากชิ้นส่วนต่อไป

การประยุกต์ใช้ระบบคัมบังในการผลิตเพื่อลดความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยของเวลานำในการผลิต เนื่องจากระบบคัมบังเป็นการสั่งผลิตงานที่ต้องการตามเวลาที่กำหนด และทำเป็นกฎอย่างเคร่งครัด โดยเปลี่ยนจากการผลิตแบบผลักเป็นการผลิตแบบดึง เป็นการสร้างลำดับในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลทำให้สามารถลดความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยในกระบวนการได้อย่างดี

2. การลดขนาดล๊อตให้เล็กลง จากการสังเกตพฤติกรรมการผลิตพบว่า ทุกกระบวนการเป็นการผลิตโดยใช้ฝีมือแรงงานคนเป็นหลัก โดยทำงานทีละชิ้นจนครบล๊อตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าแล้วจึงจะขนส่งไปยังกระบวนการถัดไป โดยพบว่า ที่กระบวนการที่ 1 กระบวนการเชื่อม มีการรับจำนวนงานแต่ละครั้งในจำนวนมาก ซึ่งจากการวิเคราะห์สาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาเวลานำนานและความแปรปรวนสูงพบว่าเกิดจากวิธีการที่กำหนดให้มีการรับงานจากคลังชิ้นส่วนในจำนวนมาก อันเป็นเหตุให้เกิดจาการรอคอยและงานระหว่างผลิตสูง จึงได้ปรับปรุงโดยการใช้หลักการลดขนาดการรับงานจากคลังชิ้นส่วนในปริมาณที่น้อยลง ตามหลักการผลิตแบบลีนที่มุ้งเน้นการผลิตให้ไหลไปทีละน้อยอย่างต่อเนื่อง

จากข้อมูลในอดีตพบว่า โรงงานเคยให้กระบวนการเชื่อมรับ-ส่งงานจากคลังชิ้นส่วนตามวันต่อวัน ตามแนวคิดของการผลิตแบบทันเวลาพอดี ซึ่งจากนโยบายดังกล่าวพบว่า เกิดปัญหาที่ควบคุมยากและต้องใช้งบประมาณทางด้านการจัดเตรียมงาน เพื่อความพร้อมผลิตและต้องมั่นใจว่าไม่มีความผิดพลาดใดๆ ซึ่งในทางปฏิบัติพบว่าทำได้ยาก เนื่องจากมีปัจจัยหลายด้านมาเกี่ยวข้องอาทิเช่นด้านความถูกต้องรายการงาน จำนวน คุณภาพชิ้นงาน เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถผลิตและต้องใช้เวลาในการจัดเตรียมงานใหม่ อันจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการถัดไปเป็นลูกโซ่ด้วย จากปัญหาดังกล่าวจึงได้กำหนดให้รับงานจำนวน 6 ล๊อต/ครั้ง คือเผื่อความปลอดภัยหากเกิดปัญหาติดขัดอันจะต้องเปลี่ยนงานตามแผนที่กำหนด ก็จะมีงานอื่นเก็บรอที่พร้อมผลิตได้ ซึ่งพบว่าเกิดปัญหาจำนวนงานระหว่างผลิตมากเกินไป เกิดความสูญเปล่าดังที่ได้กล่าวปัญหาที่เกิดในงานวิจัยข้างต้น

ดังนั้นตามหลักการผลิตแบบลีน จึงเริ่มกำหนดปริมาณงานในการรับ-ส่งในกระบวนการเชื่อมจากคลังชิ้นส่วน โดยคำนึงถึงความเสี่ยงที่เกิดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและยอมให้เกิดความสูญเปล่าน้อยที่สุด คือกำหนดให้กระบวนการเชื่อมรับ-ส่งงานจากคลังชิ้นส่วนจำนวน 2 ล๊อต/ครั้ง จากการดำเนินการดังกล่าวยังพบปัญหาเดิม คือเกิดการเปลี่ยนแผนการผลิต แต่งานที่สำรองอีก 1 ล๊อตก็มีปัญหาที่ไม่สามารถทำการผลิตได้ จึงต้องเสียเวลาในการจัดเตรียมงานจากคลังชิ้นส่วนมาส่งยังหน่วยเชื่อม ซึ่งเสี่ยงที่อาจเกิดผลกระทบต่อกระบวนการต่อไปได้

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเสนอเพิ่มปริมาณงานที่เรียกจากคลังชิ้นส่วนมาหน่วยเชื่อมจำนวน 3 ล๊อต/ครั้ง จากการดำเนินการดังกล่าวพบว่า เกิดการเปลี่ยนแผนการผลิตจากเดิม ต้องเปลี่ยนล๊อตการผลิต แต่ไม่เกิน 2 ครั้ง ทำให้ประเมินได้ว่าเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิต อาทิเช่น วัตถุดิบ คนทำงาน วิธีการทำงาน เป็นต้น ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมนี้มาก การกำหนดขนาดล๊อตงานขนส่งจากคลังชิ้นส่วนมายังหน่วยงานเชื่อมมีความเหมาะสม ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตตู้นิรภัยได้

จากการลดขนาดล๊อตให้เล็กลงนั้น เป็นการลดความสูญเปล่าจากเวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่าจากการรอคอย เนื่องจากในสภาวะของโรงงานที่มีกำลังการผลิตเท่าเดิม ในกลุ่มจำนวนขนาดล๊อตงานที่ใหญ่กว่านั้นย่อมจะเกิดการรอคอยและมีความแปรปรวนมากกว่าในกลุ่มจำนวนขนาดล๊อตงานที่เล็กกว่า จากการลดขนาดล๊อตให้เล็กลงจึงส่งผลให้ลดเวลานำและความแปรปรวนในการผลิตได้

3. ศึกษาการทำงานและใช้หลักการ ECRS จากการศึกษาพบว่าเวลาในการทำงานของหน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์มากกว่าหน่วยงานอื่นๆ จึงได้เข้าศึกษาโดยการจับเวลาโดยตรงเป็นจำนวน 5 ครั้งแล้วทำการการค่าเฉลี่ย โดยได้เขียนแผนภูมิการไหลของกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในภาคผนวก จ เริ่มจากการยกงานจากพื้นที่ส่งมอบงานจากหน่วยพ่นสี จนกระทั่งถึงขั้นตอนการจัดเก็บในคลังสินค้า มีขั้นตอนทั้งสิ้น 56 ขั้นตอน ใช้เวลารวม 407 นาที/ตู้ และได้แยกเวลาเฉลี่ยแต่ละกิจกรรม 5 กิจกรรมคือ การปฏิบัติงาน (Operation) ,การขนส่ง (Transportation), การรอคอย (Delay), การตรวจสอบ(Inspection) และการจัดเก็บ (Storage) ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 สรุปขั้นตอนและเวลาการทำงานในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ก่อนดำเนินการ

| สัญลักษณ์ | ความหมาย | จำนวนขั้นตอน | เวลา (นาที) |
|---|---|---|---|
| ○ | การปฏิบัติงาน | 28 | 78 |
| ⇨ | การขนส่ง | 3 | 5 |
| D | การรอคอย | 11 | 297 |
| □ | การตรวจสอบ | 13 | 25 |
| ▽ | การจัดเก็บ | 1 | 3 |
| | รวม | 56 | 407 |

จากตารางที่ 4.17 พบว่าในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์มีจำนวนขั้นตอนทั้งสิ้น 56 ขั้นตอน ใช้เวลา 407 นาที ดังภาคผนวก จ โดยจำแนกประเภทกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้เป็น 5 กิจกรรม คือกิจกรรมการปฏิบัติงาน การขนส่ง การรอคอย การตรวจสอบ การจัดเก็บ จำนวนขั้นตอนของแต่ละกิจกรรม คือ 28, 3, 11, 13 และ 1 ขั้นตอน ตามลำดับ และรวมเวลาแต่ละประเภทกิจกรรมได้เป็น 78, 5, 297, 25 และ 3 นาที ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่า เกิดการรอคอยในกระบวนการบรรจุภัณฑ์สูงกว่ากิจกรรมอื่นๆถึง 297 นาที จึงได้วิเคราะห์อย่างละเอียดว่ากิจกรรมที่ทำให้เกิดการรอคอยในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์เกิดจากขั้นตอนใดบ้าง ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ขั้นตอนการรอคอยในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ 11 ขั้นตอน

| | กิจกรรมการรอคอย | เวลาเฉลี่ย (นาที) |
|---|---|---|
| 1 | รอตรวจสอบโดย QA | 84.0 |
| 2 | รอพนักงานแพ็คตู้ | 71.0 |
| 3 | รอพนักงานตอกจุก | 63.0 |
| 4 | รอพนักงานขนเข้าคลัง | 42.0 |
| 5 | รอขนย้ายสินค้า | 12.0 |
| 6 | รอการตรวจสอบ | 7.0 |
| 7 | รอปิดฝาครอบ | 6.0 |
| 8 | รอพนักงานประกอบ | 4.0 |
| 9 | รอพนักงานประกอบคันล๊อค | 3.0 |
| 10 | รอพนักงานประกอบหน้ากาก | 2.0 |
| 11 | รอพนักงานใส่ตัวเหวี่ยง | 2.5 |
| | รวม | 297 |

จากตารางที่ 4.18 พบว่าจากกิจกรรมที่ทำให้เกิดเวลารอคอยในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์นานถึง 297 นาทีนั้น เกิดจากขั้นตอนในการรอคอย 11 ขั้นตอน โดยขั้นตอนที่ 1- 4 ทำให้เกิดเวลารอคอยนาน คือขั้นตอนรอตรวจสอบโดย QA, รอพนักงานแพ็คตู้, รอพนักงานตอกจุก และรอพนักงานขนเข้าคลังสินค้า ซึ่งใช้เวลารอคอยถึง 84, 71, 63, 42 นาทีตามลำดับ จากนั้นผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดการรอคอยในขั้นตอนรอตรวจสอบโดย QA, รอพนักงานแพ็คตู้, รอพนักงานตอกจุก และรอพนักงานขนเข้าคลังสินค้า เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขดังต่อไปนี้

1. รอตรวจสอบโดย QA จากการศึกษาโดยละเอียดพบว่า เกิดการรอคอยให้พนักงาน QA มาตรวจสอบงานตามกฎในการตรวจสอบ 100% อยู่ลำดับขั้นตอนที่ 43 จากขั้นตอนกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น 56 ขั้นตอน ปัญหาการรอคอยที่เกิดขึ้นนี้เป็นการรอคอยที่มีส่วนงานอื่นคือฝ่ายรับประกันคุณภาพมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นแล้วผู้วิจัยจึงเสนอขอให้ทั้งสองส่วนงานปรึกษาร่วมกันถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาเพื่อลดเวลาในการรอคอยดังกล่าว โดยจากการประเมินภาระงานและจำนวนพนักงานฝ่ายรับประกันคุณภาพ QA ที่มีจำนวนพนักงาน 3 คน พบว่าสามารถจัดเวลาเพื่อไปทำการตรวจสอบคุณภาพตู้นิรภัยทันทีที่แจ้ง หรือภายในไม่เกิน 30 นาที โดยทำการบันทึกเป็นมาตรฐานการทำงาน (Standard Work)

2. รอพนักงานแพ็คตู้ เป็นขั้นตอนที่เกิดในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ลำดับที่ 45 จากจำนวนลำดับทั้งสิ้น 56 ขั้นตอน จากการศึกษาพบว่าหลังจากผ่านการตรวจสอบโดย QA แล้วเกิดการรอคอยให้พนักงานทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยจากการสังเกตการณ์ลักษณะการทำงานของพนักงานพบว่า พนักงานจะเริ่มทำงานล๊อตใหม่ระหว่างการตรวจสอบโดย QA จึงได้เสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้ โดยให้พนักงานมาทำการบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ภายหลังจากผ่านการตรวจสอบโดย QA ก่อนงานอื่น ที่จะทำให้ลดเวลาการรอคอยและลดงานระหว่างผลิตในกระบวนการได้

3. รอพนักงานตอกจุก เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการรอคอยในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ อยู่ลำดับที่ 3 จาก 56 ขั้นตอน จากการสังเกตการณ์การทำงานของพนักงานพบว่าหลังจากนำงานเข้าสายการผลิตแล้ว พนักงานจะไปจัดเตรียมเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการทำงาน เสร็จแล้วจึงเริ่มมาทำงานโดยการตอกจุก จากจุดนี้ผู้วิจัยจึงเสนอให้มีการจัดเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานก่อนจะเริ่มทำงาน

ทั้งนี้เพื่อลดเวลาในการรอคอยในกระบวนการได้ และกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน

4. รอพนักงานขนเข้าคลังสินค้า เป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการรอคอยในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ อยู่ลำดับที่ 54 จาก 56 ขั้นตอน จากการสังเกตการณ์การทำงานพบว่า เป็นรอยต่อระหว่างเมื่อบรรจุผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว พนักงานคลังสินค้าจะมาขนสินค้าเพื่อเก็บในคลัง ผู้วิจัยจึงเสนอให้พนักงานคลังสินค้ามาขนสินค้าเพื่อจัดเก็บสินค้าในคลังทันทีหลังจากพนักงานหน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ทำการแจ้ง ซึ่งมีการบันทึกเป็นมาตรฐานการทำงาน

นอกจากนี้ได้ใช้หลักการขจัดงานที่ไม่จำเป็น (Eliminate) จากหลักการ ECRS ในการกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำงานอื่นๆ ดังนี้คือ

- จากขั้นตอนการตรวจสอบสภาพทั่วไปของตู้ภายหลังจากยกชิ้นงานมาจากพื้นที่ส่งมอบหน่วยพ่นสี พบว่าเป็นขั้นตอนทำให้เกิดความสูญเปล่าในการทำงาน อันไม่ก่อให้เกิดมูลล่าแก่ชิ้นงาน อีกทั้งเกิดความซ้ำซ้อนในการทำงานคือ ขั้นตอนการตรวจสอบซ้ำซ้อน ดังนั้นจึงลดขั้นตอนการตรวจสอบนี้ออกไป
- จากขั้นตอนการขนย้ายสินค้าจากพื้นที่ทำงานไปรอพนักงานคลังสินค้าเพื่อขนไปจัดเก็บในคลังนั้น เป็นการทำงานซ้ำซ้อนที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าในการทำงาน จึงลดขั้นตอนการขนย้ายสินค้าจากพื้นที่ทำงานออกไป การปรับปรุงโดยกำหนดให้พนักงานคลังสินค้ามาขนย้ายสินค้าในพื้นที่ทำงานในหน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ไปจัดเก็บในคลังสินค้าทันทีที่แจ้ง

จากการปรับปรุงการทำงานหน่วยบรรจุผลิตภัณฑ์ข้างต้น พบว่าสามารถลดความสูญเปล่าจากการรอคอยลงได้ ทำให้เวลานำและขั้นตอนการทำงานในกระบวนการบรรจุภัณฑ์ลดลง ดังแสดงในภาคผนวก ฉ จากนั้นเทียบผลก่อนและหลังจากการปรับปรุงดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบผลการปรับปรุงตามหลัก ECRS ก่อน-หลังปรับปรุง

| เวลานำและจำนวนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ รุ่น SB30 | | | |
|---|---|---|---|
| ผลที่วัดได้ | ก่อนดำเนินการ | หลังดำเนินการ | เทียบร้อยละที่ลดลง |
| 1. เวลาในกระบวนการ | | | |
| เวลาเพิ่มมูลค่า (นาที) | 78 | 80 | |
| เวลาไม่เพิ่มมูลค่า (นาที) | 329 | 118 | |
| เวลานำรวม (นาที) | 407 | 198 | 51% |
| 2. จำนวนประเภทกิจกรรม | | | |
| การปฏิบัติงาน (ครั้ง) | 28 | 28 | |
| การขนย้าย (ครั้ง) | 3 | 2 | |
| การรอคอย (ครั้ง) | 11 | 10 | |
| การตรวจสอบ (ครั้ง) | 13 | 12 | |
| การจัดเก็บ (ครั้ง) | 1 | 1 | |
| รวมจำนวนขั้นตอน | 56 | 53 | 5% |

จากตารางที่ 4.19 พบว่าเวลานำในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์จากเดิม 407 นาที/ตู้ ลดลงเป็น 198 นาที/ตู้ เทียบร้อยละที่ลดลงได้ 51% อีกทั้งทำให้จำนวนขั้นตอนการทำงานในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์จากเดิม 56 ขั้นตอน ลดลงเป็น 53 ขั้นตอน เทียบร้อยละที่ลดลงได้ 5%

**4.7.2 การลดจำนวนงานระหว่างผลิตและคอขวดในกระบวนการ** ได้นำเครื่องมือลีน อาทิ เช่น ระบบคัมบังและการลดขนาดการขนส่งระหว่างกระบวนการ จะส่งผลทำให้ลดจำนวนงานระหว่างผลิตและคอขวดในกระบวนการได้ เนื่องจากเมื่อมีคัมบังสั่งผลิตจากกระบวนการถัดไปก่อนอื่นทุกกระบวนการจะทำการสำรวจรายงานงานและจำนวนที่เรียกในคัมบัง ว่ามีเพียงพอในกระบวนการหรือไม่ ซึ่งจุดนี้จะพบว่าระบบคัมบังจะช่วยลดจำนวนงานระหว่างผลิตและลดคอขวดในกระบวนการ อันจะลดการผลิตซ้ำได้ รายละเอียดของการนำระบบคัมบังไปใช้ตามหัวข้อ 4.7.1 ข้อ 1

ส่วนการลดขนาดล๊อตให้เล็กลง จะช่วยให้ลดจำนวนงานที่เก็บในกระบวนการ เนื่องจากการลดขนาดจำนวนงานที่เรียกตามคัมบังจะมีจำนวนน้อยกว่าการรับงานตามวิธีเดิม รายละเอียดของการลดขนาดล๊อตให้เล็กลง อธิบายตามหัวข้อ 4.7.2 ข้อ 2

**4.7.3 อื่นๆ** เพื่อการสื่อสารที่เร็วและง่ายขึ้น ได้ใช้เครื่องมือลีนคือการควบคุมด้วยสายตา โดยได้นำการควบคุมด้วยสายตามาใช้ร่วมกันกับเทคนิคต่างๆดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยทำบอร์ดแสดงสถานะการผลิตทั้งกระบวนการตั้งแต่ เชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสีและบรรจุผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อช่วยทำให้เกิดความสะดวก รวดเร็ว และเข้าใจในการสื่อสารในกระบวนการผลิต ตัวอย่างรูปที่ 4.40

รูปที่ 4.40 บอร์ดแสดงสถานะการผลิตทั้งกระบวนการ

จากรูปที่ 4.40 เป็นรูปบอร์ดที่ใช้แสดงสถานะการผลิตทั้งกระบวนการ โดยแนวนอนจะเป็นรายการล๊อตงานตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งแบ่งเป็นล๊อตงานที่พร้อมผลิตและไม่พร้อมผลิต โดยล๊อตงานที่ไม่พร้อมผลิตจะมีแถบกาวสีติดกับบัตรคัมบัง ซึ่งจะมองเห็นชัดเจนทั้งนี้เพื่อบ่งชี้และต้องแก้ไขปัญหาต่อไป ส่วนแนวตั้งของบอร์ดเป็นหน่วยงานในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย เรียงจากกระบวนการแรกคือขั้นตอนการเชื่อมถึงการบรรจุผลิตภัณฑ์

การใช้งานบอร์ดแสดงสถานะการผลิตนี้จะเริ่มจากกระบวนการเชื่อม โดยเขียนรายละเอียดล๊อตงานตามคำสั่งซื้อของลูกค้าติดกับบัตรคัมบังสีเขียวที่มีในหน่วยงาน ติดบอร์ดเรียงกันโดยพิจารณาจากวันกำหนดส่งของแต่ละล๊อตงาน จากนั้นเมื่อผลิตล๊อตงานใดๆจะเปลี่ยนเป็นบัตรคัมบังสีขาว และเมื่อผลิตเสร็จจะเลื่อนบัตรลงไปยังกระบวนการที่ 2 คือหน่วยเทสารกันไฟ ซึ่งหลักการใช้งานบอร์ดก็จะเป็นลักษณะเดียวกัน จนกระทั่งผ่านกระบวนการทุกขั้นตอนคือกระบวนการเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสีและบรรจุผลิตภัณฑ์จึงเก็บบัตรคัมบังล๊อตงานนั้นในแฟ้มต่อไป

**4.8 ข้อมูลเวลานำในการผลิตและจำนวนงานระหว่างผลิตในการผลิตตู้นิรภัยหลังการปรับปรุง**

เมื่อได้นำวิธีการในการปรับปรุงที่ได้กล่าวไปแล้วไปใช้จริงในบริษัทกรณีศึกษาแล้ว จึงได้ติดตามผลเป็นระยะเวลา 2 เดือนคือ เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2554 พบว่าเวลานำเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตและจำนวนงานระหว่างผลิตที่ค้างแต่ละหน่วยงานลดลง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**4.8.1 เวลานำในการผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง**

หลังจากการปรับปรุงดังกล่าว ผู้วิจัยได้เก็บตัวอย่างข้อมูลเวลานำในการผลิตผลิตภัณฑ์ตู้นิรภัย รุ่น SB30 เป็นจำนวน 11 รอบ คือเวลาที่งานอยู่ในกระบวนการโดยไม่รวมเวลาปรับตั้งเครื่องจักร แล้วนำข้อมูลมาทำการเฉลี่ยได้เป็นเวลานำเฉลี่ยนาทีต่อตู้ จึงได้เวลานำในการผลิตรวมทั้งกระบวนการ และแยกเก็บข้อมูลเวลานำย่อยที่ใช้แต่ละกระบวนการ โดยแบ่งเป็นเวลาที่เพิ่มมูลค่า เวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่า และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร ตามภาคผนวก ช1-ช5 และสรุปได้ดังตารางที่ 4.20 และ 4.21

ตารางที่ 4.20 เวลานำรวม เวลาเพิ่มมูลค่า เวลาไม่เพิ่มมูลค่า และเวลาปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละกระบวนการ (หลังปรับปรุง)

| กระบวนการ | เวลาเพิ่มมูลค่า (นาที/ตู้) | เวลาไม่เพิ่มมูลค่า (นาที/ตู้) | เวลาปรับตั้งเครื่องจักร (นาที) | เวลานำรวมของกระบวนการ (นาที/ครั้ง) | ร้อยละเวลานำแต่ละกระบวนการเทียบกับเวลานำรวมทุกกระบวนการ (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|
| เชื่อม | 32 | 273 | 20 | 325 | 20% |
| เทสารกันไฟ | 42 | 249 | 15 | 306 | 19% |
| เตรียมผิว | 44 | 445 | 5 | 494 | 31% |
| พ่นสี | 56 | 191 | 20 | 267 | 17% |
| บรรจุภัณฑ์ | 80 | 103 | 15 | 198 | 12% |
| เวลานำรวม | 254 | 1,261 | 75 | 1,590 | 100% |

จากตารางที่ 4.20 พบว่า เวลานำรวมทั้งกระบวนการภายหลังจากการปรับปรุงตั้งแต่กระบวนการเชื่อมถึงกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ คือ 1,590 นาที/ตู้ โดยแยกเป็นเวลาที่เพิ่มมูลค่าเฉลี่ย 254 นาที/ตู้, เวลาที่ไม่เพิ่มมูลค่าเฉลี่ย 1,261 นาที/ตู้ และเวลาปรับตั้งเครื่องจักร 75 นาที/ครั้ง เมื่อคิดเป็นสัดส่วนเทียบโดยเวลานำรวมกับเวลานำของแต่ละกระบวนการพบงานว่า กระบวนการเตรียมผิวใช้เวลานำเฉลี่ย 31%, รองลงมากระบวนการเชื่อม 20%,กระบวนการเทสารกันไฟ 19%, กระบวนการพ่นสีคือ 17% และกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์คือ 12%, ตามลำดับ

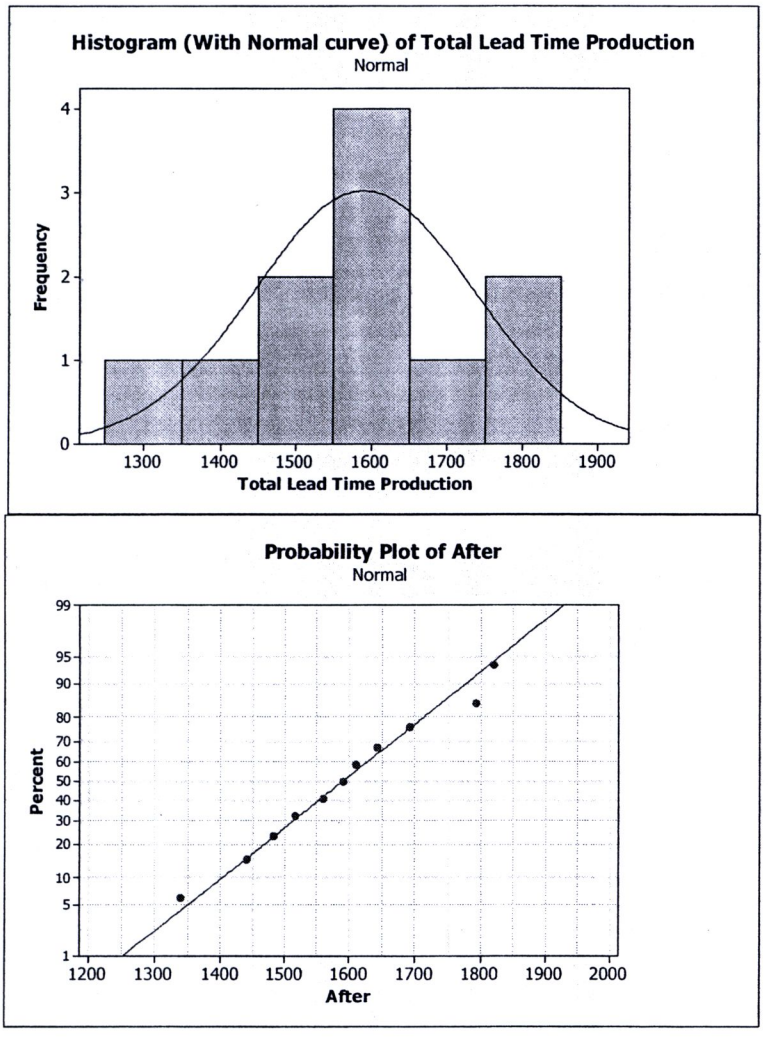
จากนั้นเปรียบเทียบเวลานำในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนการปรับปรุงและหลังจากการปรับปรุง ตามตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 เวลานำในการผลิตเปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง

| | เวลานำเฉลี่ยในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 | | |
|---|---|---|---|
| กระบวนการ | ก่อนการปรับปรุง (นาที/ตู้) | หลังการปรับปรุง (นาที/ตู้) | (ร้อยละที่ลดลง) |
| เชื่อม | 430 | 325 | 24% |
| เทสารกันไฟ | 360 | 306 | 15% |
| เตรียมผิว | 699 | 494 | 29% |
| พ่นสี | 314 | 267 | 15% |
| บรรจุภัณฑ์ | 417 | 198 | 53% |
| รวม | 2,220 | 1,590 | 28% |

จากตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบเวลานำในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า หลังจากการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆตามแนวคิดและการผลิตแบบลีนแล้ว สามารถลดเวลานำในการผลิตแต่ละกระบวนการเรียงจากมากไปหาน้อยคือคือ จากการใช้คัมบังและศึกษางานตามหลักการ ECRS ส่งผลทำให้สามารถลดเวลานำในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์มากที่สุดถึง 53% , และจากการใช้คัมบังในกระบวนการเตรียมผิว ส่งผลให้สามารถลดเวลานำในกระบวนการได้ 29%, และจากการใช้คัมบังและการลดขนาดล๊อตลงส่งผลทำให้สามารถลดเวลานำในกระบวนการเชื่อม 24%, อีกทั้งจากที่ได้ใช้คัมบังในกระบวนการเทสารกันไฟและพ่นสี ส่งผลให้สามารถลดเวลานำในกระบวนการได้ 15% ตามลำดับ โดยเฉลี่ยเวลานำทั้งกระบวนการตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 5 จากเดิมใช้เวลานำเฉลี่ย 2,220 นาที/ตู้ หลังจากการปรับปรุงโดยประยุกต์ใช้เทคนิคลีนดังกล่าว สามารถลดเวลานำลงเป็น 1,590 นาที/ตู้ เทียบเป็นร้อยละที่ลดลงได้ 28%

จากนั้นนำข้อมูลเวลานำหลังการปรับปรุงที่ได้ไปวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยได้วิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล




รูปที่ 4.41 กราฟแสดงลักษณะการกระจายตัวข้อมูลเวลานำรวมหลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.41 ผลจากกราฟวิเคราะห์การกระจายตัว (Histogram) ของข้อมูลเวลานำในการผลิตพบว่า ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) และจากกราฟวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Probability Plot) พบว่าความแปรปรวนมีการกระจายตัวแบบเกาะกลุ่มเส้นกันเป็นปกติ ได้เวลานำรวมเฉลี่ยเป็น 1,590 นาทีต่อตู้ มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 145.2 นาที เมื่อได้เทียบผลก่อนและหลังจากการปรับปรุง พบว่าเวลานำเฉลี่ยและความแปรปรวนในการผลิตลดลง คือจากเดิมก่อนการปรับปรุง ตามรูปที่ 4.20 ที่เวลานำเฉลี่ยเป็น 2,220 นาทีต่อตู้ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงถึง 149.6 นาที

จากการทดสอบสมมติฐานว่า เวลานำในการผลิตก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยสมมติฐานหลักคือ ค่าเฉลี่ยของเวลานำในการผลิตตั้งแต่กระบวนการเชื่อม-บรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากัน และสมมติฐานรองคือ ค่าเฉลี่ย

ของเวลานำในการผลิตตั้งแต่กระบวนการเชื่อม-บรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงมีค่าไม่เท่ากัน หรือสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานดังสมการ (4.3) และ (4.4)

$$H_0 : \quad \mu_{Before} = \mu_{After} \qquad (4.3)$$

$$H_1 : \quad \mu_{Before} \neq \mu_{After} \qquad (4.4)$$

โดยที่ $\mu_{Before}$ คือเวลานำในการผลิตก่อนการปรับปรุง

$\mu_{After}$ คือเวลานำในการผลิตหลังการปรับปรุง

ทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี 2 Sample T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.42

**Two-Sample T-Test and CI: Before, After**

Two-sample T for Before vs After

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Before | 20 | 2220 | 150 | 33 |
| After | 11 | 1590 | 145 | 44 |

Difference = mu (Before) - mu (After)

Estimate for difference: 630.173

95% CI for difference: (515.583, 744.763)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 11.44 P-Value = 0.000 DF = 21

รูปที่ 4.42 ผลการทดสอบสมมติฐานเวลานำในการผลิต

จากรูปที่ 4.42 ผลการทดสอบสมมติฐานได้ค่า P-value เท่ากับ 0.000 น้อยกว่า 0.05 แสดงว่า เวลานำรวมในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนและหลังปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งจากค่า Estimate for difference เท่ากับ 630.173 คือเวลานำก่อนการปรับปรุงมากกว่าเวลานำหลังจากการปรับปรุงแตกต่างกัน 630.173 สรุปได้ว่าจากการปรับปรุงดังกล่าวทำให้เวลานำหลังการปรับปรุงลดลงจากก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเวลานำก่อนการปรับปรุงมากกว่าหลังจากการปรับปรุง

ส่วนความแปรปรวนเวลานำหลังจากการปรับปรุงแสดงดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ค่าความแปรปรวนเวลานำในการผลิตตู้นิรภัยแยกกระบวนการ (หลังปรับปรุง)

| กระบวนการ | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (นาที) |
|---|---|
| เชื่อม | 54 |
| เทสารกันไฟ | 52 |
| เตรียมผิว | 45 |
| พ่นสี | 25 |
| บรรจุผลิตภัณฑ์ | 32 |
| รวมทั้งกระบวนการ | 145 |

จากตารางที่ 4.22 พบว่าค่าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 หลังจากการปรับปรุงโดยการใช้เทคิคลีนต่างๆแล้ว ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 145 นาที โดยกระบวนการเชื่อมเกิดความแปรปรวนสูงที่สุด รองลงมากระบวนการเทสารกันไฟ เตรียมผิว บรรจุผลิตภัณฑ์และพ่นสี มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 54, 52, 45, 32 และ 25 นาที ตามลำดับ

จากนั้นทดสอบสมมุติฐานความแปรปรวนของเวลานำก่อนและหลังการปรับปรุง โดยสมมติฐานหลักคือ ค่าความแปรปรวนของเวลานำในการผลิตตั้งแต่กระบวนการเชื่อม-บรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากัน และสมมติฐานรองคือ ค่าความแปรปรวนของเวลานำในการผลิตตั้งแต่กระบวนการเชื่อม-บรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงมีค่าไม่เท่ากัน หรือสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานดังสมการ (4.5) และ (4.5)

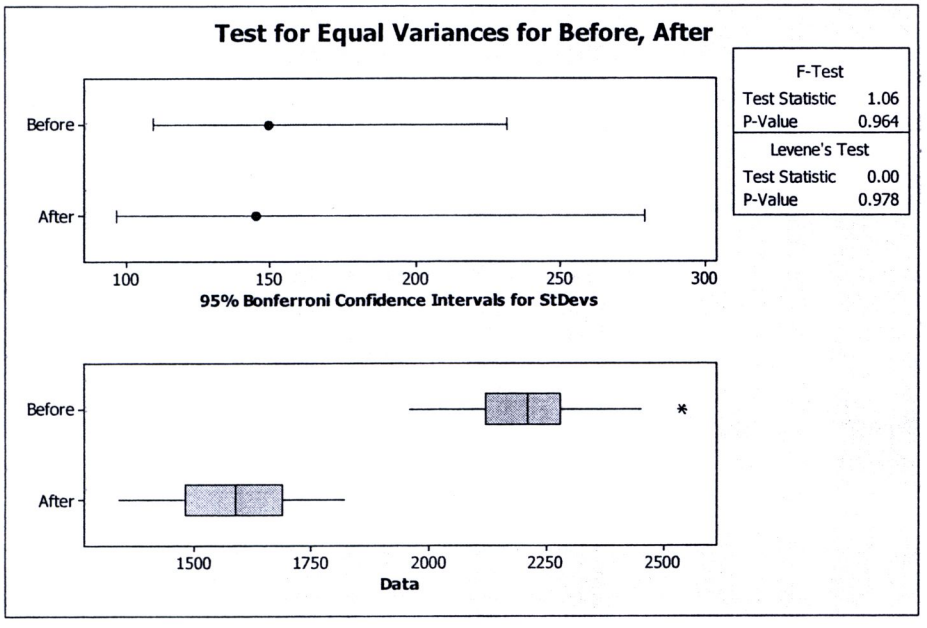
$$H_0 : \quad \sigma^2{}_{Before} = \sigma^2{}_{After} \qquad (4.5)$$

$$H_1 : \quad \sigma^2{}_{Before} \neq \sigma^2{}_{After} \qquad (4.6)$$

โดยที่ $\sigma^2{}_{Before}$ คือค่าความแปรปรวนเวลานำในการผลิตก่อนการปรับปรุง

$\sigma^2{}_{After}$ คือค่าความแปรปรวนเวลานำในการผลิตหลังการปรับปรุง

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.43




รูปที่ 4.43 ผลการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของเวลานำในการผลิต

ผลการทดสอบสมมุติฐานแบบ F-Test ได้ค่า P-value เท่ากับ 0.964 และวิธี Levene's Test ได้ค่า P-value เท่ากับ 0.978 มากกว่า 0.05 สรุปว่า ความแปรปรวนของเวลานำรวมในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนและหลังดำเนินการไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าจากการปรับปรุงทำให้ความแปรปรวนของเวลานำในกระบวนการผลิตไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ทั้งนี้ ด้วยที่ความแปรปรวนของเวลานำไม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อาจมีสาเหตุมาจากการประยุกต์ใช้ระบบคัมบังในการผลิตจริงนั้นมีการปรับเปลี่ยนลำดับจากใบคัมบังสั่งผลิตงานแต่ละวันตามเวลากำหนดส่งงาน จึงเป็นสาเหตุให้งานที่เลือกทำก่อนอาจจะไม่เป็นงานที่สั่งผลิตก่อน และจากเหตุผลของลักษณะการผลิต ที่เน้นการทำงานทางฝีมือพนักงานเป็นสำคัญ จึงเป็นเหตุให้เกิดความแปรปรวนในกระบวนการได้ อีกทั้งเวลาในการเก็บข้อมูลภายหลังจากการปรับปรุง อาจจะต้องใช้เวลาที่จะเห็นผลจากการปรับปรุงที่ดีในระยะยาวกว่านี้

**4.8.2 จำนวนงานระหว่างผลิตในแต่ละกระบวนการ**

หลังจากการปรับปรุงดังกล่าว ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิต ในกระบวนการเชื่อม เทสารกันไฟ เตรียมผิว พ่นสี และบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยเก็บข้อมูลการรับเข้า เบิกออกทั้งกระบวนการ เป็นเวลา 2 เดือน คือมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2554 ข้อมูลดังภาคผนวก ซ1-ซ5 และได้สรุปดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 สรุปข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยแยกตามกระบวนการ (หลังปรับปรุง)

| งานระหว่างผลิตในแต่ละกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 (หน่วย : ตู้/วัน) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| เดือน | เชื่อม | เทสารกันไฟ | เตรียมผิว | พ่นสี | บรรจุภัณฑ์ | รวมทั้งกระบวนการ |
| มกราคม | 12 | 17 | 30 | 10 | 9 | 79 |
| กุมภาพันธ์ | 11 | 18 | 29 | 10 | 8 | 76 |
| เฉลี่ย | 12 | 17 | 29 | 10 | 9 | 77 |

จากตารางที่ 4.23 หลังจากการปรับปรุง ข้อมูลจำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยของแต่ละกระบวนการ 2 เดือนคือเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ 2554 พบว่ากระบวนการที่มีจำนวนงานระหว่างผลิตมากที่สุดคือ กระบวนการเตรียมผิว 29 ตู้/วัน, รองลงมากระบวนการเทสารกันไฟ 17 ตู้/วัน, กระบวนการเชื่อม 12 ตู้/วัน, กระบวนการพ่นสี 10 ตู้/วันและกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ 9 ตู้/วัน ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วทั้งกระบวนการในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB 30 ตั้งแต่กระบวนการเชื่อมถึงบรรจุผลิตภัณฑ์ มีจำนวนงานระหว่างผลิตทั้งสิ้น 77 ตู้/วัน

จากนั้นเปรียบเทียบจำนวนงานระหว่างผลิตในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนการปรับปรุงและหลังจากการปรับปรุง ตามตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 จำนวนงานระหว่างผลิตเปรียบเทียบกับก่อน-หลังการปรับปรุง

| จำนวนงานระหว่างผลิตในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 | | | |
|---|---|---|---|
| กระบวนการ | ก่อนการปรับปรุง (ตู้/วัน) | หลังการปรับปรุง (ตู้/วัน) | (ร้อยละที่ลดลง) |
| เชื่อม | 17 | 12 | 33% |
| เทสารกันไฟ | 22 | 17 | 20% |
| เตรียมผิว | 40 | 29 | 27% |
| พ่นสี | 12 | 10 | 17% |
| บรรจุภัณฑ์ | 11 | 9 | 24% |
| รวม | 103 | 77 | 25% |

จากตารางที่ 4.24 เปรียบเทียบจำนวนงานระหว่างผลิตในการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนและหลังการปรับปรุงพบว่า หลังจากการปรับปรุงโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆตามแนวคิดและการผลิตแบบลีนแล้ว สามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตแต่ละกระบวนการเรียงจากมากไปหาน้อย คือ จากการลดขนาดล๊อตในการรับงานและใช้คัมบังเรียก-ส่งงานในกระบวนการเชื่อม ส่งผลทำให้สามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตได้ถึง 33%, รองลงมาคือกระบวนการเตรียมผิวจากที่ได้ใช้คัมบังในกระบวนการ ทำให้สามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตได้ 27%, และจากการใช้คัมบังในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ทำให้ลดจำนวนงานระหว่างผลิตได้ 24%, อีกทั้งในกระบวนการเทสารกันไฟจากที่ได้ประยุกต์ใช้คัมบังในกระบนการ สามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตได้ 20% และจากที่ใช้คัมบังในกระบวนการพ่นสี สามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตได้ 17% ตามลำดับ โดยเฉลี่ยแล้วจากที่ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคลีนในการแก้ไขปัญหาลดจำนวนงานระหว่างผลิตทั้งกระบวนการ ซึ่งจากเดิมมีงานระหว่างผลิตเฉลี่ย 103 ตู้/วัน หลังจากการปรับปรุงสามารถลดจำนวนงานระหว่างผลิตลงเหลือ 77 ตู้/วัน เทียบเป็นร้อยละที่ลดลงได้ 25%

จากนั้นนำข้อมูลค่าเฉลี่ยที่ได้มาทดสอบสมมติฐานว่า จำนวนงานระหว่างผลิตในกระบวนการ ก่อนและหลังจากการปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยสมมติฐานหลักนี้คือ จำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยตั้งแต่กระบวนการเชื่อม-บรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังการปรับปรุงมีค่าเท่ากัน และสมมติฐานรองคือ จำนวนงานระหว่างผลิตเฉลี่ยตั้งแต่กระบวนการเชื่อม-บรรจุภัณฑ์ก่อนและหลังจากการปรับปรุงมีค่าไม่เท่ากัน โดยสามารถเขียนเป็นสมมุติฐานดังสมการ (4.5) และ (4.6) ดังนี้

$$H_0 : \quad \mu_{Before} = \mu_{After} \qquad (4.7)$$

$$H_1 : \quad \mu_{Before} \neq \mu_{After} \qquad (4.8)$$

โดยที่ $\mu_{Before}$ คือจำนวนงานระหว่างผลิตก่อนการปรับปรุง

$\mu_{After}$ คือจำนวนงานระหว่างผลิตหลังการปรับปรุง

และทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี 2 Sample T-Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.44

**Two-Sample T-Test and CI: Before, After**

Two-sample T for Before vs After

| | N | Mean | StDev | SE Mean |
|---|---|---|---|---|
| Before | 7 | 103.00 | 5.66 | 2.1 |
| After | 2 | 77.50 | 2.12 | 1.5 |

Difference = mu (Before) - mu (After)

Estimate for difference: 25.5000

95% CI for difference: (15.4550, 35.5450)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 6.00 P-Value = 0.001 DF = 7

Both use Pooled StDev = 5.2982

รูปที่ 4.44 ผลการทดสอบสมมติฐานจำนวนงานระหว่างผลิต

จากรูปที่ 4.44 ผลการทดสอบสมมติฐานได้ค่า P-value เท่ากับ 0.001 น้อยกว่า 0.05 แสดงว่า จำนวนงานระหว่างผลิตในกระบวนการผลิตตู้นิรภัย รุ่น SB30 ก่อนและหลังปรับปรุงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งจากค่า Estimate for difference เท่ากับ 25.5000 คือจำนวนงานระหว่างผลิตก่อนการปรับปรุงมากกว่าหลังจากการปรับปรุงแตกต่างกัน 25.5000 สรุปได้ว่าการปรับปรุงดังกล่าวทำให้จำนวนงานระหว่างผลิตหลังการปรับปรุงลดลงจากก่อนการปรับปรุง ซึ่งเป็นการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยจำนวนงานระหว่างผลิตก่อนปรับปรุงมากกว่าหลังจากการปรับปรุง