บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะการวิจัย

6.1 สรุปผลงานวิจัยและวิเคราะห์

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์สายไฟฟ้าประเภททนไฟ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) และ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบต่อคุณภาพ (FMEA) พบว่าทำให้ผู้วิจัยและทีมงานสามารถเข้าถึงสาเหตุของปัญหาต่าง ๆ ที่จะมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างครอบคลุม เนื่องจากทั้งสองเทคนิคมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัญหาต่าง ๆ ทำให้การพิจารณามีโอกาสที่จะหลงลืมปัญหาใดปัญหาหนึ่งน้อยมาก เนื่องด้วยการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) เป็นการพิจารณาปัญหาจากการตั้งหัวข้อปัญหาแล้วทำการพิจารณาหาสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหานั้น ๆ ในขณะที่การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเป็นการพิจารณาจากหัวข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น หรือ เกิดกับผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียง ศึกษาผลกระทบจากข้อบกพร่องนั้น ๆ ทำการประเมินผลความรุนแรง, ความถี่ของการเกิด และ โอกาสในการตรวจจับ คัดเลือกหัวข้อเพื่อทำการแก้ไขปรับปรุง จึงกล่าวได้ว่า ทั้งสองเทคนิคเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ทำให้มุมมองในการควบคุมคุณภาพสำหรับกระบวนการหนึ่ง ๆ มีความสมบูรณ์

อนึ่งในการพิจารณาควบคุมกระบวนการหนึ่ง ๆ โดยทั่วไปวิศวกรและทีมงานมักนิยมใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการพิจารณาจากข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ทางวิศวกรและทีมงานได้เคยประสบ มีความคุ้นเคยกับลักษณะข้อบกพร่องดังกล่าว จึงทำให้การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและการปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่าย ในขณะที่การใช้เทคนิคการวิเคราะห์แขนงความบกพร่องมักเป็นการวิเคราะห์ที่ต้องใช้ผู้วิเคราะห์ที่มีประสบการณ์และมีความรอบรู้หลาย ๆ ด้าน จึงทำให้เทคนิคดังกล่าวไม่เป็นที่นิยมใช้ อีกทั้งเทคนิคดังกล่าวมีการพิจารณาในเรื่องโอกาสความน่าจะเป็นด้วย ซึ่งจะต้องมีการเก็บข้อมูลยุ่งยากและใช้เวลา การวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) จึงมักถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของการค้นหาหัวข้อสำหรับการแก้ไขเท่านั้น เพื่อให้การปรับปรุงกระบวนการหนึ่ง ๆ มีความสมบูรณ์ และครอบคลุมมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากข้อบกพร่องที่จะวิเคราะห์ในเทคนิค FMEA บางหัวข้อยังไม่เคยปรากฏขึ้น จึงอาจจะหลงลืมที่จะนำมาวิเคราะห์

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าหัวข้อที่ได้จากการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) มีจำนวน 78 ข้อ ส่วนหัวข้อการวิเคราะห์จากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มีจำนวนถึง 93 หัวข้อ โดยจากหัวข้อของทั้งสองวิธีการจะมีบางหัวข้อที่สอดคล้องกัน บางหัวข้อค้นพบโดยวิธีการหนึ่งแต่ไม่พบได้ในอีกวิธีการหนึ่ง นั่นเป็นการแสดงถึงคุณสมบัติเด่นของการใช้เทคนิคทั้งสองร่วมกัน

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า การคัดเลือกหัวข้อเพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขมักนิยมใช้หัวข้อจากเทคนิค FMEA ในการศึกษาครั้งนี้ ทางผู้วิจัยและทีมงานจึงได้คัดเลือกปัญหาที่มีคะแนนความเสี่ยงชี้นำ (RPN) มากกว่า 100 คะแนนมาทำการแก้ไขปรับปรุง โดยในการปรับปรุงแก้ไขก็ได้ใช้เทคนิคต่าง ๆ ของทางวิศวกรรมอตุสาหการมาประกอบ ทั้งนี้เพื่อให้ปัญหาเหล่านั้นถูกขจัดให้หมดสิ้นไป

จากการปรับปรุงแก้ไขทำให้ทางทีมงานและผู้วิจัยสามารถสรุปปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องได้เป็น 5 ปัจจัยหลัก ซึ่งรายละเอียดของสาเหตุที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องของแต่ละปัจจัยและแนวทางการควบคุมปัจจัยเหล่านี้มีดังนี้

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน (Man) จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพนักงานมีดังนี้

1. พนักงานขาดประสบการณ์
2. พนักงานไม่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ของลูกค้า
3. พนักงานขาดการศึกษาข้อมูลของคู่แข่ง
4. พนักงานขาดความรู้
5. พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน
6. พนักงานคำนวณผิดพลาด
7. พนักงานตั้งความเร็ว, แรงดึง ในกระบวนการรีดตัวนำมากเกินไป
8. พนักงานตั้งความเร็ว, แรงดึง ในกระบวนการพันเทปมากเกินไป
9. พนักงานพลั้งเผลอ

พบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับพนักงานทั้งหมดข้างต้น ส่วนใหญ่เกิดจากการขาดการฝึกอบรม รวมถึงการทำความเข้าใจกับพนักงานให้เห็นถึงความสำคัญของการปฏิบัติงานตามมาตรฐาน จึงก่อให้เกิดข้อบกพร่องมากขึ้น นอกจากนี้ยังเกิดจากความละเลย , การพลั้งเผลอในการทำงานของพนักงานเองด้วย

การควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพนักงาน

จากการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากคนนั้นมีแนวทางดังนี้

1. จัดการฝึกอบรม โดยเน้นให้พนักงานปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติงาน
2. จัดทำแบบฟอร์มใบควบคุมคุณภาพสำหรับใช้ตรวจสอบความถูกต้องในการทำงาน

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร (Machine) จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร, อุปกรณ์ มีดังนี้

1. เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา
2. เครื่องจักรไม่ได้รับการตรวจเช็คสภาพการทำงานประจำวัน
3. เครื่องจักรต่าง ๆ ไม่ได้รับการรวบรวมข้อมูลการทำงานที่เกี่ยวข้อง
4. เครื่องจักรไม่ได้รับการศึกษาประสิทธิภาพการทำงาน
5. เครื่องจักรเก่า
6. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ล้าสมัย
7. เครื่องจักรมีประสิทธิภาพไม่สม่ำเสมอ
8. อุปกรณ์ลูกรีดชำรุด
9. อุปกรณ์ที่ปาดหมึกไม่เรียบ

พบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร , อุปกรณ์ ส่วนใหญ่เกิดจากการขาดการบำรุงรักษา , การตรวจเช็คอย่างสม่ำเสมอ

การควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร, อุปกรณ์

จากการวิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักร , อุปกรณ์นี้ ได้เสนอแนะให้มีการจัดทำระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักร โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบสภาพของเครื่องจักรประจำวันโดยพนักงานประจำเครื่องและตรวจสอบเครื่องจักรประจำปีโดยมีแผนกำหนดการเป็นลายลักษณ์อักษร ดังแสดงในภาคผนวก ข

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ (Material) จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบมีดังนี้

1. วัตถุดิบขาดข้อกำหนดเกี่ยวกับการจัดซื้อ
2. การปรับปรุงคุณสมบัติของตัวนำทองแดงใช้วิธีการไม่เหมาะสม
3. ทองแดงเกิดการออกซิไดซ์ กับความชื้นในอากาศ
4. วัตถุดิบขาดระบบวิธีการคัดเลือก

5. วัตถุดิบประเภทเทป Mica มีให้เลือกน้อยประเภท
6. วัตถุดิบที่เลือกใช้ขาดการศึกษาความเหมาะสมกับเครื่องจักรที่มีอยู่
7. วัตถุดิบพลาสติกขาดการศึกษาคุณสมบัติการใช้งาน
8. วัตถุดิบบางประเภทสูญเสียคุณสมบัติบางประการจากกระบวนการผลิต
9. วัตถุดิบที่เป็นสารเติมเต็มมีการเปลี่ยนแปลงรูปหลังจากผ่านกระบวนการผลิตอื่น ๆ
10. วัตถุดิบที่ใช้เป็นน้ำยารีดเสื่อมคุณภาพ
11. วัตถุดิบที่ใช้เป็นน้ำหมึกมีอัตราส่วนผสมไม่เหมาะสม

พบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ ล้วนเกิดจากการขาดระบบการคัดเลือกวัตถุดิบ, การรวบรวมข้อมูลวัตถุดิบ, การตรวจรับวัตถุดิบและการพิจารณาการใช้งานของวัตถุดิบ

การควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวัตถุดิบ

การแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับวัตถุดิบ ได้แก่ การกำหนดให้มีการตรวจรับวัตถุดิบตามแผนควบคุม (Control Plan) กำหนดให้มีการคัดเลือกวัตถุดิบอย่างมีระบบตามภาคผนวก ง รวมถึงการรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับวัตถุดิบ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงาน (Method) จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงานมีดังนี้

1. การพิจารณาเงื่อนไขการใช้งานไม่เหมาะสม
2. ขาดการศึกษาความต้องการของลูกค้าให้ละเอียด
3. ขาดการศึกษามาตรฐานต่าง ๆ
4. ขาดระบบวิธีการในการคัดเลือกวัตถุดิบ
5. ขาดการรวบรวมข้อมูลของผู้ส่งมอบวัตถุดิบ
6. ขาดผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้เกี่ยวกับวัตถุดิบ
7. มาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ ที่ลูกค้าต้องการเพิ่มเติม
8. ขาดการทดลองผลิตจริง, ขาดข้อมูลจริง
9. เอกสารต่าง ๆ และข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบไม่มีการรวบรวมชัดเจน
10. การกำหนดค่าเผื่อต่าง ๆ ไม่เหมาะสม

11. การกำหนดแรงดึงในการบิดเกลียวไม่เหมาะสม
12. การกำหนดระยะพิทช์ในการตีเกลียวไม่เหมาะสม
13. ลักษณะการหันหน้าเทป Mica ไม่เหมาะสม
14. ขาดการทบทวนเรื่องลักษณะการพันเทป Mica
15. มาตรฐานที่ใช้ออกแบบไม่มีการกำหนดค่าเผื่อไว้ให้
16. ขาดการทดสอบสายจากสัดส่วนความหนาที่ได้ออกแบบ
17. การจัดเรียงเส้นเชือก Filler ในการตีเกลียวไม่เหมาะสม
18. การกำหนดความเร็วในการรีดตัวนำทองแดงไม่เหมาะสม
19. การกำหนดแรงดึงในการรีดตัวนำไม่เหมาะสม
20. การกำหนดแรงดึงในการพันเทปไม่เหมาะสม
21. ไม่มีการระบุการทำงานในการเตรียมงานการผลิต
22. วิธีการควบคุมการอบนิ่มไม่แม่นยำ
23. ระยะในการพันรอบเกลียวของตัวนำไม่เหมาะสม
24. ขาดวิธีการในการตรวจสอบการขาดของสายระหว่างตีเกลียวแกน
25. ขาดวิธีการตั้ง Center ที่ดี
26. ขาดวิธีการตรวจสอบเนื้อพลาสติกที่ใช้งาน
27. ขาดการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วการผลิตกับอัตราการไหลของพลาสติกในกระบวนการหุ้ม

พบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงานทั้งหมด ล้วนเกิดจากการไม่มีมาตรฐานการทำงาน

<u>การควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงาน</u>

เนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงานเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่อง เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงต้องจัดทำเอกสารมาตรฐานการทำงาน (Operation Standard) , วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) รวมถึงจัดอบรมพนักงานให้มีความรู้ความเข้าใจและสามารถที่จะปฏิบัติตามขั้นตอนต่าง ๆ เหล่านั้นด้วย

<u>ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัด (Measurement)</u> จากการศึกษาพบว่าสาเหตุของข้อบกพร่องที่มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดมีดังนี้

1. การพันเทปสิ้นเปลืองเพราะความคลาดเคลื่อนในการวัด
2. ขาดการพิจารณาเรื่องมุมที่ใช้ในการพันที่เหมาะสม
3. การตั้งมุมในการพันผิดจากค่าที่กำหนดในมาตรฐาน
4. เนื้อพลาสติกหลอมไม่ได้ที่ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ

พบว่า สาเหตุของข้อบกพร่องที่เกิดจากการวัด ล้วนเกิดจากมาตรวัดไม่เที่ยงหรือมาตรวัด มีวิธีการวัดที่ไม่ถูกต้อง

<u>การควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัด</u>

การแก้ไขข้อบกพร่องจากสาเหตุมาตรวัดไม่เที่ยงตรงหรือไม่ทำงาน ควรแก้ไขด้วยการใช้ระบบสอบเทียบมาตรวัด (Calibration) ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด ทั้งนี้นอกจากจะทำให้ความเชื่อมั่นในค่าที่อ่านได้แล้ว ยังทำให้มีความสอดคล้องกับระบบคุณภาพของ ISO 9001 ด้วย ในด้านวิธีวัดนั้นจำเป็นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานให้ทราบวิธีการใช้ที่ถูกต้อง

จากการปรับปรุงแก้ไขในปัจจัยหลักทั้ง 5 แล้ว พบว่าคะแนนความเสี่ยงชี้นำของหัวข้อบกพร่องต่าง ๆ มีคะแนนล้วนต่ำกว่า 100 คะแนนทั้งสิ้น ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับหัวข้อจากการวิเคราะห์โดยวิธีการวิเคราะห์แขนงความบกพร่อง (FTA) ก็พบว่าหัวข้อเหล่านั้นได้รับการแก้ไขเช่นกัน ส่วนการเปรียบเทียบตามดัชนีวัดผลที่กำหนดขึ้น สรุปได้ดังนี้

1. ผลการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากแบบที่ได้รับการปรับปรุง พบว่าสามารถได้รับการรับรองผลการทดสอบจากสถาบันต่างประเทศ นั่นคือ ในหัวข้อการทดสอบการทนไฟ ได้รับการรับรองคุณสมบัติจาก Warrington Fire Research Center Ltd.

2. ราคาที่เปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการพิจารณาปรับปรุง พบว่ามีราคาต้นทุนของสายลดลง เนื่องจากการควบคุมปริมาณของเสียในกระบวนการต่าง ๆ , การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน , การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม และการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสม ทำให้โอกาสในการแข่งขันมีความเป็นไปได้สูง

จากหัวข้อปัจจัยหลักทั้ง 5 และวิธีการควบคุมข้างต้น เมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตจนได้วิธีการและสภาพการทำงานที่เหมาะสมแล้วจึงได้สรุปเป็นแผนควบคุมคุณภาพ (QC Process Chart) ดังแสดงในภาคผนวก ค เพื่อใช้ควบคุมกระบวนการผลิตตั้งแต่ขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบจนกระทั่งการ

ทดสอบสายไฟฟ้าสำเร็จในส่วนของการควบคุมด้านกระบวนการออกแบบได้กำหนดให้มีการปฏิบัติตามกระบวนการต่าง ๆ (Procedure) ที่สอดคล้องกับระบบคุณภาพของ ISO 9001 ดังเอกสารที่แสดงในภาคผนวก ก

6.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษากับผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งในกระบวนการคำนวณต้นทุนอาจจะยังไม่ถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีข้อมูลไม่สม่ำเสม่อ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นผลิตภัณฑ์พิเศษ ลูกค้าโดยทั่วไปจะเป็นลูกค้าที่มีความต้องการเป็นพิเศษ จึงไม่คุ้มค่ากับการทดลองทำการผลิตเพื่อเก็บสต๊อคและเพื่อรวบรวมข้อมูลการผลิต รวมถึงการทดสอบคุณสมบัติพิเศษของผลิตภัณฑ์กรณีที่ต้องการผลการรับรองจากสถาบันต่างประเทศ พบว่ามีมูลค่าการใช้จ่ายสูง การทดลองการผลิตจึงไม่เหมาะที่จะกระทำซ้ำกับสายที่มีขนาดเดิม ๆ เพียงขนาดเดียว ซึ่งอาจมีผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการปรับปรุงแก้ไข แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อให้มีความสมเหตุสมผลและความน่าเชื่อถือมากขึ้น จึงจำเป็นต้องพิจารณาโดยแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ทำการแสดงผลการเปรียบเทียบด้วยหลักการที่เชื่อถือได้

อนึ่งในการวิจัยเรื่องใกล้เคียงกันนี้สำหรับผู้ที่สนใจ ควรจะทำการวางแผนการศึกษาให้รอบครอบแยกพิจารณาให้ประเด็นการศึกษาแคบลงและทำการศึกษาด้วยข้อมูลที่มากขึ้น ควรจะมีการนำเทคนิคทางด้านสถิติมาช่วยในการตัดสินใจ ที่สำคัญ การศึกษากรณีที่มีตัวแปรเกี่ยวข้องหลายประการ จำเป็นจะต้องทำการควบคุมและชี้บ่งตัวแปรให้ชัดเจน ตัวแปรที่จะนำมาพิจารณาควรจะใช้ตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้จริง สำหรับหัวข้อที่น่าสนใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ได้แก่ สายอัจฉริยะ กล่าวคือ ในอนาคตระบบการสื่อสารจะมีความก้าวหน้ามากขึ้น ทำให้ขณะนี้ในต่างประเทศมีการใช้สายไฟฟ้าที่สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้ด้วยการเทคโนโลยีการสื่อสาร สำหรับโรงงานตัวอย่างที่ศึกษาก็ได้มีการให้ความสนใจกับสายไฟฟ้าดังกล่าวอยู่ ขณะนี้ได้อยู่ในระหว่างการสำรวจตลาดและความเป็นไปได้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการสื่อสารของประเทศไทย