หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ในบทนี้เป็นการอภิปรายผลการวิจัยที่ได้เปรียบเทียบกับผลการวิจัยอื่นๆ และบทความวิชาการในอดีตหลังจากนั้นจะเป็นการสรุปผลที่ได้จากงานวิจัยในประเด็นปัญหาที่พบทั้งหมด และสรุปแนวทางการปรับปรุง ตลอดจนทั้งแสดงผลการเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง หลังจากนั้นจะทำการสรุปถึงข้อจำกัดของงานวิจัยชิ้นนี้ แนวทางการวิจัยต่อเนื่องและประโยชน์การประยุกต์ผลวิจัยที่ได้ โดยมีรายละเอียดในแต่ละประเด็นดังนี้

5.1 การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยทางด้านการวิเคราะห์ระบบการวัดภายในโรงงานกรณีศึกษา ทั้งจุดตรวจสอบเชิงปริมาณ และ เชิงคุณลักษณะ ในที่นี้จะอภิปรายแยกตามประเภทจุดตรวจสอบได้ดังต่อไปนี้

5.1.1 จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัยที่ได้จากการทดสอบในครั้งที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน มีค่าเกินกว่าเกณฑ์ที่กำหนดที่ 30 % เทียบกับค่าคาดเคลื่อนอนุโลมค่อนข้างมากทั้งสิ้น (ตาม MSA (1995)) ส่งผลให้ค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดมีค่ามากกว่า 30 % ค่อนข้างมากเช่นกัน โดยจากการวิเคราะห์สาเหตุแห่งความคาดเคลื่อนที่สามารถชี้บ่งได้ ที่ในทางสถิติเรียกว่า สาเหตุพิเศษ เช่น วิธีการวัดของผู้วัดที่ไม่ถูกต้อง การวัดชิ้นงานคนละตำแหน่งของชิ้นงานในจุดตรวจสอบเดียวกัน การจับชิ้นงานที่ไม่กระชับ การขาดความชำนาญในการวัด วิธีการวัดชิ้นงานในจุดตรวจสอบที่ทำได้ยาก และอื่นๆ โดยภายหลังที่ได้มีการแก้ไขสาเหตุพิเศษดังกล่าว ก็พบว่าค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดมีค่าดีขึ้นจนอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยที่ยังไม่ได้แก้ไขสาเหตุสามัญ เช่น ปรับสภาพแวดล้อมในการวัดให้ดียิ่งขึ้นจากทำงานในระบบเปิดที่อากาศร้อนและความชื้นสูง จากผลดังกล่าวมีความน่าสนใจต่อโรงงานอื่นๆที่จะนำการวิเคราะห์ระบบการวัดไปปฏิบัติว่าการทำให้ระบบการวัดมีค่าความแปรปรวนของความแม่นยำอยู่ในในเกณฑ์ที่กำหนดนั้นไม่ใช่เรื่องที่ยากในทางปฏิบัติ แผนกที่เกี่ยวข้องกับการประกันคุณภาพสามารถดำเนินการได้ แค่เพียงมีความพยายามที่จะศึกษาระบบการวัดของตนเองอย่างแท้จริงและลดสาเหตุพิเศษที่สามารถสังเกตได้โดยง่ายเท่านั้น

จากข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าเครื่องมือวัดของโรงงานกรณีศึกษานั้น มีแผนการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่เป็นระบบ และมีการแยกเครื่องมือวัดที่ชำรุดหรือไม่สามารถได้ค่าวัดตามมาตรฐานเครื่องมือวัดที่กำหนดออกจากระบบการวัด และเครื่องมือวัดที่ใช้ในระบบการวัดเป็น

เครื่องมือในระบบดิจิตอลทั้งสิ้นกล่าวคือ มีความละเอียดของเครื่องมือวัดสูง เช่นเวอร์เนียและไฮเกจ สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.01มิลลิเมตร ส่วนไมโครมิเตอร์สามารถวัดได้ละเอียดถึงระดับ 0.001มิลลิเมตร โดยผลของการใช้เครื่องมือวัดที่มีการปรับแต่งและมีความละเอียดสูงนั้นจะทำให้ค่าความแปรปรวนของความแม่นยำมีค่ามากกว่าเครื่องมือวัดที่ไม่ได้ปรับแต่ง และความละเอียดต่ำกว่า โดยพบว่าในบางจุดตรวจสอบที่สามารถทำการตรวจสอบได้ง่าย และทำโดยผู้วัดที่มีความชำนาญ เช่นจุดตรวจสอบที่ 3 (ผลการวิจัยภายหลังการปรับปรุงหน้า 72) มีค่าพิสัยโดยเฉลี่ยเพียง 0.001 มิลลิเมตรเท่านั้น ซึ่งถือได้ว่าน้อยมาก ในขณะที่ผู้วัดอีกคนหนึ่งได้ค่าพิสัยโดยเฉลี่ย 0.013 มิลลิเมตร จากข้อมูลดังกล่าว สามารถบอกได้ว่าเครื่องมือวัดที่มีการปรับแต่งและมีความละเอียดสูงจะช่วยให้ระบบการวัดมีความแปรปรวนของความแม่นยำต่ำกว่า โดยลดความแปรปรวนที่มีสาเหตุจากความคาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดให้น้อยลงไป

อย่างไรก็ตามมีประเด็นหนึ่งซึ่งมีความสำคัญและสามารถควบคุมได้ในการทดสอบ แต่ทำได้ยากในการวัดจริงทางปฏิบัติ ก็คือกรณีที่ผู้วัดวัดชิ้นงานคนละจุดในตำแหน่งเดียวกัน เช่นการวัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกระบอก หรือความยาวของทรงกระบอก ซึ่งจุดวัดของพนักงานในจุดตรวจสอบเดียวกันไม่เหมือนกัน ทำให้มีความแปรปรวนจากการวัดคนละจุดในตำแหน่งเดียวกันเข้ามาในการทดสอบ ซึ่งทาง MSA (1995) กำหนดให้มีการกำหนดจุดวัดที่ชัดเจนในการทดสอบทั้งในการทำซ้ำโดยพนักงานคนเดียวกัน หรือ ต่างพนักงานกัน เพื่อกำจัดสาเหตุดังกล่าวออกจากการทดลองเพื่อให้ค่าความแปรปรวนมาจากสาเหตุพิเศษ เพื่อให้การสรุปผลการทดสอบถูกต้องและไม่ผิดพลาด อย่างไรก็ตามในความเป็นจริง คงไม่สามารถกำหนดจุดในตำแหน่งในการวัดได้ ทำให้ความคาดเคลื่อนในความเป็นจริงมีค่าสูงกว่าจากความแปรปรวนของสาเหตุนี้

ในประเด็นของพฤติกรรมของพนักงานนั้น ช่วงก่อนที่ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ได้ทำการทดลองการวิเคราะห์ในโรงงานกรณีศึกษานั้น พบว่าพนักงานแผนกผลิตที่ต้องมีการตรวจสอบชิ้นงานในสายการผลิตนั้นค่อนข้างขาดความเชื่อมั่นในค่าวัดของตนเอง เนื่องจากพบว่าบ่อยครั้งที่ตนเองทำการวัดนั้นค่าที่ได้ไม่ตรงกันกับที่พนักงานแผนกประกันคุณภาพตรวจสอบ และเป็นผลให้ชิ้นงานเสียอยู่อย่างสม่ำเสมอ ภายหลังที่ได้มีการดำเนินการทดลองและวิเคราะห์สาเหตุร่วมกัน พบว่าพนักงานมีความเข้าใจวิธีการวัดที่ถูกต้องและมีการปรับปรุงวิธีการวัดร่วมกันและร่วมกันฝึกอบรมซึ่งกันและกันให้เกิดความชำนาญ ภายหลังจากการปรับปรุงดังกล่าวและทำการขยายผลไปยังพนักงานอื่นในแผนกทั้งหมด พนักงานฝ่ายผลิตมีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้นและมีทัศนคติในการวัดที่ดีขึ้น และได้ค่าวัดที่ใกล้เคียงตรงกันกับค่าวัดที่แผนกประกันคุณภาพเป็นผู้วัด ส่งผลให้ข้อขัดแย้งระหว่างพนักงานต่างแผนกลดลงได้อย่างมาก ซึ่งผลดังกล่าวเป็นผลดีอย่างมากต่อโรงงานที่นำการวิเคราะห์ระบบการวัดไปดำเนินการเพราะนอกจากจะทำให้ระบบการวัดมีความเที่ยงตรงและแม่นยำแล้ว ยังเป็นการเสริมสร้างขวัญกำลังใจของพนักงาน และก่อให้เกิดความเข้าใจอันดีระหว่างพนักงานต่างแผนก ส่งผลให้พนักงานในสายการผลิตมีความมั่นใจในการชี้บ่งชิ้นงานที่ผิดพลาดและทำการแก้

ไขอย่างรวดเร็ว ทำให้ของเสียโดยรวมจากการผลิตลดลง โดยในปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษามีความพร้อมในการวัดที่พร้อมต่อการก้าวเข้าสู่การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ จากการควบคุมค่าความแปรปรวนของความแม่นยำอยู่ในขอบเขตที่กำหนด

ในการทดลองการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อปรับปรุงระบบการวัดนั้น ควรใช้ชิ้นงานมาตรฐานชุดเดียวกัน เนื่องจากจะสามารถเปรียบเทียบผลการปรับปรุงก่อนและหลังได้อย่างชัดเจน โดยลดสาเหตุจากความแปรปรวนของระบบการวัดจากชิ้นงานเช่น จุดตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางที่ชิ้นงานกลุ่มแรกที่นำมาทดสอบมีความกลมตามมาตรฐาน แต่ถ้าชิ้นงานที่นำมาทดสอบเปลี่ยนไปเป็นชิ้นงานอื่นๆที่ไม่กลม จะทำให้ความผันแปรของชิ้นงานเข้ามามีผลในการทดสอบทำให้การตีความหมายของความแปรปรวนที่ได้ผิดพลาดไปจากที่ควรจะเป็นได้ ดังนั้นในการทดสอบควรใช้ชิ้นงานมาตรฐานกลุ่มเดียวกัน และมีการกำหนดตำแหน่งในจุดตรวจสอบแต่ละจุดอย่างชัดเจน เพื่อให้กำจัดสาเหตุความคาดเคลื่อนของชิ้นงานออกจากการทดสอบ เนื่องจากต้องการศึกษาความแปรปรวนจากพนักงานวัด และเครื่องมือวัดเป็นหลัก แต่ชิ้นงานตัวอย่างโดยรวมแล้วควรจะมีค่าครอบคลุมค่าคาดเคลื่อนอนุโลมทั้งหมด เพื่อให้ค่าความแปรปรวนที่ได้เป็นตัวแทนที่ดีของการทดลองในแต่ละจุดตรวจสอบอย่างแท้จริง

ในแต่ละจุดตรวจสอบของชิ้นงานมีความแปรปรวนของเทคนิคการวัดของพนักงาน และอุปกรณ์วัดไม่เท่ากัน (Wheeler และ Lyday (1984)) โดยจะเห็นได้ว่าบางจุดตรวจสอบเช่น จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณที่ 10 มีค่าความแปรปรวนมากเนื่องจากทำการวัดได้ยาก เพราะชิ้นงานไม่เอื้ออำนวยต่อการวัดด้วยเวอร์เนีย แต่ในบางจุดตรวจสอบที่สามารถวัดได้โดยง่ายด้วยอุปกรณ์วัดเนื่องจากสามารถจับชิ้นงานได้โดยกระชับ ดังนั้นการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัดในแต่ละจุดตรวจสอบ ควรออกแบบเครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมต่อจุดตรวจสอบนั้นๆอย่างแท้จริง เพื่อลดความแปรปรวนของความแม่นยำ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความแปรปรวนของความแม่นยำอยู่ในระดับต่ำและอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แต่หากไม่สามารถหาเครื่องมือที่มีความเหมาะสมได้ ก็ต้องทำการฝึกอบรมพนักงานวัดให้สามารถวัดชิ้นงานด้วยเครื่องมือดังกล่าวด้วยความชำนาญ เพื่อลดความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดให้มากที่สุด

สภาพแวดล้อมในการการวัดเป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนของค่าวัดที่ได้ในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดที่จัดทำขึ้น ต้องการเลียนสภาพการทำการวัดจริง โดยให้พนักงานที่ทำการทดสอบจากทั้งแผนกผลิตและแผนกประกันคุณภาพ ทำการทดสอบในบริเวณที่ทำงานของแผนกประกันคุณภาพ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เหมือนกับแผนกผลิตเนื่องจากอยู่ในบริเวณเดียวกัน โดยมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อน แสงสว่างพอใช้ การสั่นสะเทือนเล็กน้อย จากการอยู่ใกล้กับเครื่องจักรขึ้นรูปแผ่นเหล็ก (Pressing) โดยพนักงานนั่งทำงานกับโต๊ะปฏิบัติงานในการวัดสำหรับเครื่องมือวัดที่สามารถทำการเคลื่อนย้ายได้ อันได้แก่ เวอร์เนีย และ ไมโครมิเตอร์ และยืนวัดสำหรับเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่และต้องใช้ร่วมกับโต๊ะระดับ อันได้แก่ ไฮเกจ จากผลการพยายาม

ปรับปรุงระบบการวัด โดยแก้เฉพาะสาเหตุพิเศษที่เกี่ยวข้องกับการวัดเท่านั้น โดยไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ สำหรับสภาพแวดล้อม พบว่าค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดสามารถควบคุมให้อยู่ในระดับไม่เกิน 30% ทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม หากสามารถมีการปรับสภาพแวดล้อมในการวัดให้ดียิ่งขึ้น ก็น่าจะส่งผลให้ความแปรปรวนที่ได้มีค่าลดลง เนื่องจากจะสามารถลดปัจจัยความล้าของพนักงานจากการปฏิบัติงานในสภาพการทำงานที่ร้อนและสั่นสะเทือนได้

5.1.2 จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ

จากจุดตรวจสอบมุมของหัวท่อ (จุดตรวจสอบที่ 11 จากรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.1) พบว่าจุดตรวจสอบดังกล่าว เป็นเพียงจุดตรวจสอบเดียวที่มีปัญหาทางด้านที่พนักงานไม่สามารถบอกระดับคุณภาพที่ถูกต้องได้ จากการที่การระบุผลการวัดใช้วิจารณญาณของผู้วัดเป็นหลัก ทำให้ผลการตรวจสอบคุณภาพของผู้วัดมีค่าผิดพลาดไปจากระดับคุณภาพที่ถูกต้องและมีผลการตรวจสอบไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ ผู้วัดระบุระดับคุณภาพแตกต่างกันจากการตรวจสอบชิ้นงานชิ้นเดียวกัน เนื่องจากอุปกรณ์วัดไม่สามารถชี้บ่งระดับคุณภาพได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในแต่ละจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ ควรกำหนดวิธีการตรวจสอบให้ทำได้โดยง่ายและสามารถบอกระดับคุณภาพได้อย่างชัดเจนมีหลักฐาน เพราะนอกจากจะทำให้ผลการตรวจสอบมีความถูกต้องตรงตามที่เป็นจริงแล้ว ยังทำให้ผลการตรวจสอบมีความสม่ำเสมอ โดยนอกจากจะทำการตกลงวิธีการวัดร่วมกับลูกค้าแล้ว ควรต้องฝึกอบรมทั้งพนักงานและหัวหน้างานในปัจจุบันให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและสามารถทำการวัดได้โดยชำนาญ โดยสามารถระบุระดับคุณภาพที่ถูกต้องได้อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นควรมีมาตรฐานการวัดที่ถูกต้องในแต่ละจุดตรวจสอบที่มีการทดสอบ เพื่อลดความแปรปรวนและความผิดพลาดของการวัดที่มาจากผู้วัด

5.2 การสรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของชิ้นงานท่อส่งน้ำมันเข้าหัวฉีด สำหรับจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ พบว่าสาเหตุที่ทำให้ความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มาจากการวัดของพนักงานที่ไม่ถูกต้องจากผู้วัดบางคน หรือผู้วัดทั้งหมด ความไม่ชำนาญในการวัดชิ้นงานของผู้วัด การใช้อุปกรณ์จับยึดที่ให้ค่าวัดที่ขาดความแม่นยำ ภายหลังจากการแก้ไขโดยการสร้างมาตรฐานการวัดและทำการฝึกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญ รวมทั้งยกเลิกการใช้อุปกรณ์จับยึดแบบร่องตัววีเหลือใช้เพียงอุปกรณ์จับยึดแบบเกลียวเท่านั้น พบว่าจากการทดสอบภายหลังการปรับปรุง สามารถลดความแปรปรวนของความแม่นยำลงได้จนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

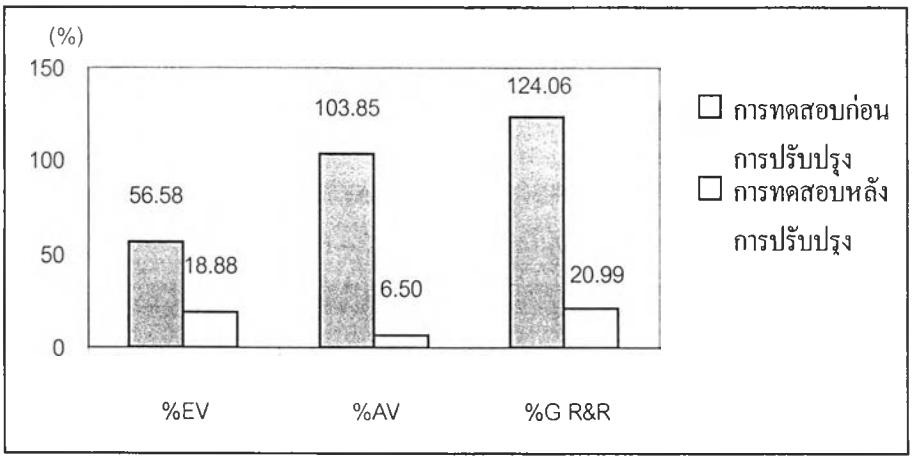
สำหรับจุดตรวจสอบเชิงคุณภาพ พบว่าโดยส่วนใหญ่ ระบบการวัดที่มีอยู่สามารถแยกแยะของเสีย ของเสีย ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ มีเพียงการตรวจสอบมุมของหัวท่อเท่านั้น ที่ยังพบ

ปัญหาเนื่องจากพบว่าพนักงานไม่สามารถระบุระดับคุณภาพของชิ้นงานตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง และยังไม่สม่ำเสมออีกด้วย ซึ่งก็ได้ทำการแก้ไขโดยการจัดทำมาตรฐานการวัดใหม่ที่สามารถระบุระดับคุณภาพได้อย่างชัดเจนว่าดีหรือเสีย การทดสอบภายหลังการปรับปรุงพบว่าไม่พบความผิดพลาดจากการระบุระดับคุณภาพและมีความสม่ำเสมอ ซึ่งก็เป็นไปตามเกณฑ์การทดสอบที่กำหนด

ในที่นี้จะทำการแยกประเด็นออกเป็นจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงผันแปร และจุดตรวจสอบลักษะสมบัติเชิงคุณภาพ ดังข้อสรุปในรายละเอียดดังนี้

5.2.1 จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงผันแปร

ภายหลังจากการทดสอบการวิเคราะห์ความสามารถในการวัด ในหัวข้อความแม่นยำ ซึ่งจะทำการทดสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Equipment Variation :EV) ซึ่งจะแสดงถึงความสม่ำเสมอของอุปกรณ์เครื่องมือวัดและวิธีการวัด และความสามารถในการทำเหมือน (Appraiser Variation :AV) ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการวัดที่ไม่แตกต่างกันของผู้วัดหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการวัด หลังจากนั้นจะสรุปนำค่าทั้งสองมารวมกัน เป็นค่าความแม่นยำในการวัด (Gage Repeatability & Reproducibility :G R&R) โดยทำการเปรียบเทียบความผันแปรที่ได้กับค่าคาดเคลื่อนอนุโลม แล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยมีเกณฑ์ที่ยอมรับได้อยู่ที่ไม่เกิน 30 % ตาม MSA 1995 ซึ่งผลการทดสอบก่อนและหลังการปรับปรุงโดยเฉลี่ยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบความแปรปรวนของความแม่นยำในการวัดก่อนและหลังการปรับปรุง

จากรูปจะเห็นได้ว่าก่อนการปรับปรุงนั้นค่าความสามารถในการทำเหมือน(Appraiser Variation :AV) มีค่าโดยเฉลี่ยจาก 15 จุดตรวจสอบที่ทำการทดสอบอยู่ที่ 103.85 % เมื่อเทียบกับค่าคาดเคลื่อนอนุโลม ซึ่งสูงเกินกว่าเกณฑ์ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 %เทียบกับค่าคาดเคลื่อนอนุโลมอยู่ค่อนข้างมาก แต่ภายหลังการปรับปรุงโดยการแก้ไขวิธีการวัดที่ไม่ตรงกันของพนักงานให้เป็นมาตรฐาน และการยกเลิกการใช้อุปกรณ์จับยึดที่ขาดความเที่ยงตรง สามารถทำให้ค่าความสามารถในการทำเหมือนดีขึ้น จนอยู่ในระดับเพียง 6.5 % เท่านั้น ส่วนความสามารถในการทำซ้ำ

(Equipment Variation :EV) ก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ระดับโดยเฉลี่ย 56.58 % แต่ภายหลังจากทำการกำหนดมาตรฐานในการวัดที่แน่นอน และฝึกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญในการวัดมากขึ้น และยกเลิกอุปกรณ์จับยึดที่ขาดความแม่นยำ ผลดังกล่าวทำค่าความสามารถในการทำซ้ำ ดีขึ้นจนอยู่ที่ระดับ 18.88% ซึ่งเมื่อรวมกันเป็นค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดแล้วพบว่าก่อนการปรับปรุงอยู่ที่ระดับ 124.06 % ซึ่งเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดที่ 30 % ถึง 84.06 % แต่ภายหลังการปรับปรุง ค่าความแปรปรวนต่ำลงจนมาอยู่ที่ระดับเพียง 20.99 % เท่านั้น ซึ่งดีกว่าเกณฑ์ที่กำหนดถึง 9%

ในส่วนความสามารถในการทำเหมือน สามารถสรุปสาเหตุของปัญหาก่อนการปรับปรุงและแนวทางการแก้ไข ซึ่งนำมาซึ่งผลหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 การสรุปสาเหตุและแนวทางการแก้ไขของความสามารถในการทำเหมือน

รายการ	สาเหตุ	จุดตรวจสอบที่พบปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1	การวัดชิ้นงานของผู้วัดคนละตำแหน่งในจุดตรวจสอบเดียวกัน	3,5,7,13,14	ทำการกำหนดมาตรฐานการวัดที่ชัดเจน แล้วทำการฝึกอบรมพนักงาน
2	พนักงานจับเครื่องมือวัดเอียงทำให้ได้ค่าไม่ตรงกับอีกคนหนึ่ง	8	ทำการกำหนดมาตรฐานการวัดที่ชัดเจน แล้วทำการฝึกอบรมพนักงาน
3	วิธีการจับยึดชิ้นงาน จุดอ้างอิงในการตั้งระดับของอุปกรณ์จับยึด 2 แบบ มีความแตกต่างกัน	17,18,19,20, 21	ทำการประชุมตกลงกับลูกค้า โดยให้ใช้แบบที่จับยึดชิ้นงานสอดคล้องกับการใช้งานไปประกอบจริงของชิ้นงานซึ่งได้ค่าวัดที่มีความถูกต้องมากกว่า แล้วเลิกใช้อีกแบบหนึ่ง หลังจากนั้น จัดทำเป็นมาตรฐานการวัด

จากตารางดังกล่าว จะเห็นได้ว่าสาเหตุของปัญหาสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือการขาดมาตรฐานการวัดที่ชัดเจน ทำให้ค่าวัดที่ได้ขาดความแม่นยำและทำให้ค่าที่วัดได้ระหว่างพนักงานไม่ตรงกัน ซึ่งสามารถทำการแก้ไขได้โดยการสร้างมาตรฐานการทำงานและการฝึกอบรมพนักงาน ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งคือการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน 2 แบบ โดยไม่มีการทดลองความสามารถของอุปกรณ์ดังกล่าวก่อน ซึ่งจากการนำข้อมูลดังกล่าวไปประชุมร่วมกับลูกค้า ได้แนวทางการแก้ไข

โดยการยกเลิกอุปกรณ์จับยึดแบบร่องตัววี ที่ได้ค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางมาก และใช้อุปกรณ์จับยึดแบบเกลียวเท่านั้น เนื่องจากมีลักษณะการจับยึดใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงของชิ้นงาน

ส่วนค่าความสามารถในการทำซ้ำ สามารถสรุปสาเหตุของปัญหาก่อนการปรับปรุง และแนวทางการแก้ไข ซึ่งนำมาซึ่งผลหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.2 การสรุปสาเหตุและแนวทางการแก้ไขของความสามารถในการทำซ้ำ

รายการ	สาเหตุ	จุดตรวจสอบที่พบปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1	พนักงานใช้เครื่องมือวัดผิดวิธีทำให้ค่าวัดที่ได้มีความแปรปรวนมาก	3,4	ทำการกำหนดมาตรฐานการใช้เครื่องมือวัดที่ชัดเจน แล้วทำการฝึกอบรมพนักงาน
2	การวัดชิ้นงานด้วยวิธีและเครื่องมือวัดในปัจจุบันทำได้ยาก	5	เนื่องจากยังไม่สามารถหาวิธีการวัดแบบอื่นได้ ดังนั้นจะทำการกำหนดมาตรฐานการวัดที่ชัดเจน แล้วทำการฝึกอบรมพนักงานให้มีความชำนาญ
3	ตำแหน่งในการวัดไม่ชัดเจน	7,17,18,19,20,21	จัดทำมาตรฐานในการวัด และทำการฝึกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญ
4	การจับชิ้นงานและเครื่องมือวัดเพื่ออ่านค่าไม่กระชับ	8,9,10,13,14	จัดทำมาตรฐานในการวัด และทำการฝึกอบรมพนักงานให้เกิดความชำนาญ
5	อุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการวัดแบบร่องตัววี จับยึดชิ้นงานได้ไม่กระชับ ทำให้ค่าวัดที่ได้มีความแปรปรวนสูง	17,18,19,20,21	ยกเลิกการใช้อุปกรณจับยึดแบบดังกล่าว โดยให้ใช้อุปกรณ์จับยึดแบบเกลียวเพียงแบบเดียว

จากตารางดังกล่าว จะเห็นได้ว่าสาเหตุของปัญหาสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือการขาดมาตรฐานการวัดที่ดีและชัดเจน(รายการที่ 1-4) ทำให้ค่าวัดที่ได้ขาดความแม่นยำและเป็นค่าที่มีความแปรปรวนสูง ซึ่งสามารถทำการแก้ไขได้โดยการสร้างมาตรฐานการทำงานและการฝึกอบรมพนักงาน ส่วนอีกสาเหตุหนึ่งคือการใช้อุปกรณ์จับยึดชิ้นแบบร่องตัววี ที่มีลักษณะการจับยึดที่ไม่สามารถทำให้กระชับได้ ทำให้ค่าวัดมีความแปรปรวนสูง แนวทางการแก้ไขทำได้โดยการยกเลิก

อุปกรณ์จับยึดแบบร่องตัววี ที่ได้ค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่ากลางมาก และใช้อุปกรณ์จับยึดแบบเกลียว ที่การจับยึดสอดคล้องกับสภาพการนำไปประกอบจริงของชิ้นงาน และจากค่าวัดที่ได้มีการเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางน้อยกว่า

5.2.2 จุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ

เนื่องจากโรงงานตัวอย่างมีการปฏิบัติตามระบบบริหารคุณภาพ ISO 9002 ดังนั้นสำหรับจุดตรวจสอบที่ 1 สภาพทั่วไปของชิ้นงาน ทางพนักงานจะทำการตัดสินใจระดับคุณภาพจากมาตรฐานการตรวจสอบที่มีตัวอย่างชิ้นงานดีและเสีย ซึ่งได้มีการจัดทำขึ้นอยู่ก่อนแล้ว ซึ่งจากการทดสอบพบว่า พนักงานสามารถระบุระดับคุณภาพได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ

สำหรับจุดตรวจสอบที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อ จุดตรวจสอบที่ 12 ความเรียบของหัวท่อ จุดตรวจสอบที่ 15 ขนาดของเกลียว จุดตรวจสอบที่ 22 การทดลองประกอบ เป็นจุดตรวจสอบที่ไม่พบปัญหาจากการทดสอบ เนื่องจากเครื่องมือวัดในการตรวจสอบสามารถระบุระดับคุณภาพได้อย่างชัดเจนและแม่นยำ

จุดตรวจสอบเพียงจุดเดียวที่พบปัญหาจากการทดสอบ คือจุดตรวจสอบที่ 11 มุมของหัวท่อ ที่พบว่าผู้วัดระบุระดับคุณภาพถูกต้องเพียง 62.5 % และมีความสม่ำเสมอจากการตรวจสอบซ้ำเพียง 70 % เท่านั้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากวิธีการวัดในปัจจุบันไม่สามารถระบุระดับคุณภาพได้อย่างชัดเจน ภายหลังจากการออกแบบวิธีการวัดใหม่ แล้วทำการจัดทำเป็นมาตรฐาน หลังจากนั้นทำการฝึกอบรมให้กับผู้วัดพบว่า ผู้วัดสามารถระบุระดับคุณภาพได้อย่างเที่ยงตรงและแม่นยำ

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

จากการกำหนดขอบเขตการวิจัยและข้อจำกัดในการทดลอง ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญดังนี้

- กลุ่มผู้วัดในการทดลองเป็นเพียงพนักงานบางส่วนเท่านั้น ถึงแม้ว่าผลการทดลองภายหลังการปรับปรุง ค่าความแปรปรวนของความแม่นยำของระบบการวัดจะลดลงจนมาอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดแล้วก็ตาม แต่ก็เป็นเพียงผู้วัดในกลุ่มที่ทำการทดลองเท่านั้น ดังนั้นหากต้องการให้ระบบการวัดในโรงงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดทั้งหมด จำเป็นต้องมีการทดสอบกับพนักงานท่านอื่นๆ เพื่อขยายผล

- การทดลองมีการกำหนดตำแหน่งการวัดของชิ้นงานในแต่ละจุดตรวจสอบที่ชัดเจนในการทดลองภายหลังการปรับปรุง เพื่อขจัดความแปรปรวนจากความผันแปรของภายในชิ้นงาน (With in Part Variation) เพื่อให้ค่าความแปรปรวนที่ได้มาจากสาเหตุที่สามารถชี้บ่งได้ให้มากที่สุด เพื่อให้การสรุปผลการทดลองและการระบุถึงสาเหตุของความแปรปรวนมีความถูกต้อง
- ชิ้นงานตัวอย่างที่นำมาทดสอบสำหรับจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะบางจุดตรวจสอบ ไม่มีชิ้นงานที่พบปัญหานั้นๆโดยตรงในช่วงระหว่างการเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ จำเป็นต้องนำชิ้นงานที่เสียจากสาเหตุอื่นๆ มาดัดแปลงให้เสียในจุดตรวจสอบนั้นๆ เพื่อเป็นของเสียในการทดสอบ ซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบดังกล่าวมีความคาดเคลื่อนไปได้ หากเปรียบเทียบกับการทดลองกับชิ้นงานที่เสียจากสาเหตุดังกล่าวจริงๆ

5.4 แนวทางสำหรับการวิจัยในอนาคต

ในโรงงานชิ้นส่วนรถยนต์กรณีศึกษา ยังต้องมีการปรับปรุงให้เข้ากับระบบการบริหารคุณภาพ QS 9000 ในอนาคต ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis : MSA) เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการจัดทำ การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Process Control : SPC) ดังนั้นควรมีการศึกษาและพัฒนาให้สามารถนำระบบการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติไปใช้ในทางปฏิบัติ ซึ่งยังคงเป็นปัญหาในการดำเนินการอยู่ในขณะนี้ จึงเป็นหัวข้อในการวิจัยที่มีความน่าสนใจในการกำหนดแนวทางเพื่อให้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติสามารถนำมาปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิผลและประสิทธิภาพ

5.5 ประโยชน์ในทางประยุกต์ของผลวิจัยที่ได้

1. สามารถนำแนวทางการวิเคราะห์ระบบการวัด ไปใช้กับชิ้นส่วนและเครื่องมือวัดชนิดอื่นๆในโรงงานกรณีศึกษา
2. เพิ่มความเข้าใจในระบบคุณภาพ ความเข้าใจในสาเหตุของความแปรปรวนของระบบการวัด แนวทางการวิเคราะห์และแนวทางการวิเคราะห์สาเหตุและการแก้ไข
3. สามารถนำแนวทางการดำเนินการการวิเคราะห์ระบบการวัด ไปใช้เป็นแนวทางสำหรับโรงงานอื่นๆที่สนใจ
4. เป็นแนวทางการทำวิจัยต่อเนื่องไปยังการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

5.6 ข้อเสนอแนะสำหรับโรงงานอื่นๆ

จากการค้นคว้าและวิจัย ตลอดจนทำการทดลองในหัวข้อการวิเคราะห์ระบบการวัด ผู้จัดทำวิทยานิพนธ์พอสรุปบทเรียนที่ได้สำหรับโรงงานอื่นๆที่สนใจศึกษา และนำการวิเคราะห์ระบบการวัดไปใช้ให้ประสบความสำเร็จได้ดังนี้

1. **จัดทำระบบการวัดที่เหมาะสม** โดยเริ่มต้นจากการกำหนดเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดและมีลักษณะการวัด ที่เหมาะสมกับแต่ละจุดตรวจสอบของชิ้นงานที่ทำการศึกษาเสียก่อน หลังจากนั้นควรมีการจัดทำมาตรฐานในการวัด โดยการจัดทำวิธีการปฏิบัติงานที่อ้างอิงกับมาตรฐานการใช้เครื่องมือวัดที่ถูกต้อง ทำการอบรมพนักงานผู้ใช้เครื่องมือวัด ทำการสอบเทียบและคัดเลือกเฉพาะเครื่องมือวัดที่ผ่านเกณฑ์การสอบเทียบเท่านั้นในระบบการวัด
2. **ทำการสร้างสภาพแวดล้อมในการวัดที่เหมาะสม** กล่าวคือ แสงสว่างเพียงพอ อุณหภูมิ ความชื้นเหมาะสม หลีกเลี่ยงการวัดในบริเวณที่มีความสั่นสะเทือนสูง ควรคำนึงความล้าของพนักงานจากการวัดชิ้นงานในเวลานานๆ เช่นจัดให้พนักงานวัดโดยนั่งเก้าอี้ โดยสามารถวางเครื่องมือวัดและชิ้นงานบนโต๊ะทำงานได้ โดยปัจจัยที่กล่าวถึงมานี้ มีผลอย่างมากต่อความแปรปรวนของระบบการวัด
3. **สร้างทัศนคติที่ดีต่อการทดลอง** โดยแจ้งให้พนักงานทราบถึงวัตถุประสงค์ในการทดสอบว่าเน้นทางด้านการพัฒนา และสร้างความเข้าใจที่ดีซึ่งกันและกันในระหว่างแผนกที่เกี่ยวข้องกับผลการวัดชิ้นงาน
4. **ผู้บริหารระดับสูงให้ความสำคัญ** เนื่องจากการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัดจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้เวลาในการทดสอบ การประชุมร่วมกันในการหาสาเหตุ งบประมาณในการแก้ไขปัญหา ดังนั้นจะไม่มีทางประสบความสำเร็จได้เลย หากปราศจากการสนับสนุนที่ดีและต่อเนื่องจากผู้บริหาร
5. **ควรมีการกำหนดบุคคลผู้ดูแลอย่างชัดเจน** โดยทำการหนดบุคคลใดบุคคลหนึ่งที่มีความรู้ความเข้าใจในระบบการวัดชิ้นงานของบริษัทเป็นอย่างดี และส่งเสริมให้เข้าฝึกอบรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง โดยบุคคลนี้ต้องมีความเป็นกลาง มีความเป็นผู้นำ มีความสามารถในการวิเคราะห์ เป็นผู้ฟังที่ดี และสามารถไกล่เกลี่ยข้อพิพาทที่เกิดขึ้นจากผลการทอสอบได้
6. **ควรสร้างระบบการประมวลผลการทดลองที่ถูกต้องและรวดเร็ว** เนื่องจากการประมวลผลต้องใช้การคำนวณค่อนข้างมาก และเสียเวลานาน ดังนั้นควรทำการเขียนโปรแกรมการคำนวณเพื่อช่วยลดเวลาในการประมวลผล อย่างไรก็ตามโปรแกรมที่จัดทำขึ้นนอกจากจะต้องสามารถคำวณค่าที่ถูกต้องและอธิบายให้พนักงานที่เกี่ยวข้องเข้าใจได้แล้ว ควรจะยังต้องสามารถแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟที่สามารถช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาได้

7. **ปฏิบัติงานอ้างอิงตามคู่มือของ MSA** ควรมีการศึกษารายละเอียดและข้อแนะนำภายในคู่มือ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือในทางสถิติ โดยไม่ควรทำการทดลองน้อยกว่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากจะทำให้ข้อมูลขาดความน่าเชื่อถือทางสถิติ
8. **พยายามลดปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ต้องการศึกษา** เช่นในการวิเคราะห์ความแม่นยำในการวัด มุ่งเน้นศึกษาความผันแปรจากพนักงานวัด และอุปกรณ์วัด ก็ควรที่จะต้องลดความผันแปรที่เกิดขึ้นจากชิ้นงาน เช่นการกำหนดจุดและตำแหน่งที่วัดให้ชัดเจนสำหรับการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพื่อลดความแปรปรวนจากการวัดซ้ำในกรณีที่ชิ้นงานไม่กลม
9. **วิธีการวัดต้องสามารถชี้บ่งผลการวัดได้แน่นอน** ไม่ควรให้พนักงานตัดสินใจผลการวัดโดยใช้วิจารณญาณ ควรจะต้องระบุผลการวัดออกเป็นค่าเชิงปริมาณ หรือสามารถสังเกตผลได้อย่างชัดเจน โดยวิธีการดังกล่าวต้องเป็นที่ยอมรับตรงกันระหว่างบริษัทกับลูกค้า โดยเฉพาะจุดตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะ ซึ่งบอกได้เพียงระดับคุณภาพของชิ้นงานได้เพียงว่าดีหรือเสียเท่านั้น
10. **ควรมีการทดสอบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ** เช่น ควรจะต้องมีการกำหนดให้มีการทดสอบก่อนมอบหมายให้พนักงานใหม่เข้าปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับการวัด ควรมีการทดสอบซ้ำทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการวัด ควรมีการทำการวิเคราะห์ระบบการวัดเปรียบเทียบกับเจ้าหน้าที่ทางด้านคุณภาพของลูกค้ารายใหม่เพื่อเปรียบเทียบผลก่อนการผลิตจริง
11. **ควรมีการจัดเก็บผลการทดสอบในอดีตอย่างเป็นระบบ** ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นการเปรียบเทียบกับผลการทดสอบในอนาคต และใช้ในการวิเคราะห์ร่วม กรณีเกิดปัญหาขึ้นที่ลูกค้า