

การลดปัญหาของเสียในการผลิตเกียร์ด้วยหลักการ DMAIC :

กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า

Defect Reduction in Gear Production :

A Case Study of Motor Component Manufacturing

กัญญรัตน์ วัจนะฮาด¹ และณฐา คุปต์เชษฐ²

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเกียร์ โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของ ชิกส์ ชิกม่า จากปัญหาหลักเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดให้ลดลง 50% ตามเป้าหมายของโรงงานตัวอย่าง ขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนการวิจัย ดังนี้ (1) ขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น (Defined Phase) โดยใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) (2) ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) เพื่อกำหนดหาสาเหตุปัญหา (3) ขั้นตอนการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) โดยการวิเคราะห์ที่ละสาเหตุ ทีละปัจจัย (4) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improved Phase) โดยทำการออกแบบการทดลอง 2^2 Factorial Design, Operation Standard และ Gauge Repeatability and Reproducibility (GR&R) (5) ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ (Control Phase) โดยได้กำหนดมาตรฐานการทำงาน (Work Instruction) เพื่อช่วยในการควบคุมกระบวนการผลิต หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามหลักการ DMAIC ของ ชิกส์ ชิกม่า ทำให้พบว่า ลดลงจากเดิม 3.4% เหลือเพียง 0.91% ของปริมาณของเสียทั้งหมด ดังนั้น การปรับปรุงครั้งนี้สามารถลดปริมาณของเสียได้ถึง 76.47% ซึ่งเกินกำหนดเป้าหมายของบริษัทที่วางเอาไว้ที่ 50%

คำสำคัญ: ของเสีย, การกลึง, หลักการ DMAIC

¹ นักศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

² อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Abstract

This research aimed to reduce the defects of a gear production by using DMAIC principle stage of Six Sigma technique. According to the case study company's target, the main problem was the over specification of 50%. The research methodology consisted of 5 steps : (1) Defined phase, the pareto diagram was use to define the problem (2) Measure phase, the root cause of problems wear determined (3) Analysis phase (4) Improved phase, the Design Of Experiments (DOE) with 2^2 Factorial Design, Operation standard and Gauge Repeatability and Reproducibility (GR&R) (5) Control Phase, the Work Instruction (WI) is applied to control the process. After improvement by implementing the DMAIC method, it found that the scrap rate was reduced from 3.40% to 0.91% of all defect rates. Thus,as this improvement the amount of defects can be reduced by 76.47% more than of company policy.

Keywords: Defect, Turning, DMAIC Principle

1. บทนำ

ในธุรกิจทางด้านอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ถือเป็นธุรกิจที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจไทยในปัจจุบันค่อนข้างมาก โดยมีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลาหลายปี ซึ่งจุดแข็งของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไทยในปัจจุบันคือฐานการผลิตเพื่อการส่งออกที่สำคัญของสหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ โดยเฉพาะญี่ปุ่น ประกอบกับไทยมีแรงงานที่มีความชำนาญเป็นพิเศษทั้งความละเอียด ประณีต ซึ่งเหมาะสมกับความต้องการของอุตสาหกรรมนี้ ทำให้อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของไทยเริ่มเป็นที่ยอมรับในศักยภาพและได้รับความเชื่อถือในด้านการผลิตจากหน่วยงานและ

บริษัทต่างประเทศตามลำดับ ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์คือผลิตภัณฑ์ที่มักมีการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีค่อนข้างรวดเร็ว ดังนั้น ภายใต้ภาวะการแข่งขันที่รุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ผลิตของไทยจะต้องปรับตัวโดยปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพในด้านราคา คุณภาพ และการส่งมอบที่ทันเวลา ซึ่งเป็นการสร้างโอกาสในทางการตลาดอีกด้วย [1]

ข้อมูลในกระบวนการผลิตของโรงงานที่ทำกรณีศึกษา ซึ่งมีผลิตภัณฑ์ของบริษัทแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนยานยนต์ 20%, ผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ 10% และผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนมอเตอร์ไฟฟ้า 70% ปัจจุบันพบชิ้นส่วนเสียปนออกมาในสายการผลิตเกียร์ (Gear) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่ประกอบกับ

มอเตอร์ไฟฟ้า การเก็บข้อมูลย้อนหลังจากเดือนมกราคม-มิถุนายน 2556 พบว่าปัญหาที่พบบากเป็นอันดับหนึ่งในชิ้นส่วนดังกล่าว คือ ปัญหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด (ID over spec) โดยคิดเป็น 3.40% เทียบกับยอดการผลิตทั้งหมด

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้ทำการวิจัยได้เล็งเห็นว่าการประยุกต์ใช้แนวทาง DMAIC ของ ซิกซ์ ซิกม่า น่าจะเป็นตัวเลือกที่นำมาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อช่วยลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเกียร์ (Gear) ที่ไม่ได้คุณภาพในส่วนของการกลึงได้ดังหลาย ๆ อุตสาหกรรม เช่น การลดของเสียในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ [2] และการลดของเสียในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ [3] เป็นต้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซิกซ์ ซิกม่า คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดี ด้วยเป้าหมายที่ท้าทาย คือ 3.4 ความผิดพลาดใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน ทั้งนี้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติขั้นสูงที่มีระบบแบบแผนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน [11]

เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า มุ่งเน้นการจัดข้อบกพร่องในกระบวนการและเชื่อมโยงหลักการพื้นฐานของธุรกิจสถิติและวิศวกรรมศาสตร์

เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมาย เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างผลกำไร โดยการกำจัดความแปรปรวนเพื่อลดความสูญเสีย ลดข้อผิดพลาดให้น้อยลงในทุก ๆ ด้านจากการผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองยอดการสั่งซื้อ และเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า อันจะนำไปสู่การสร้างผลกำไรให้กับองค์กรในท้ายที่สุด [12]

DMAIC ของ ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) โดยถูกนำมาใช้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน [2] ดังนี้

2.1 การกำหนดปัญหา

เป็นการหาลำดับความสำคัญของปัญหาเพื่อเลือกไปใช้ในการปรับปรุงต่อไป โดยต้องระบุรุ่นของชิ้นส่วน โดยผู้วิจัยพิจารณาจากแผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram) [4, 10]

2.2 ขั้นตอนการวัด

เป็นการหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการ วัตถุประสงค์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ทำการศึกษากระบวนการโดยละเอียด เพื่อกำหนดปัจจัยที่ได้รับจากกระบวนการ หรือตัวแปรตอบสนองกระบวนการ โดยทำการศึกษาทั้งกระบวนการ (Process Mapping) [8] การวิเคราะห์แผนผังแสดงเหตุและผล (Why-Why Tree Diagram) [2]

2.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ทำการค้นหาสภาวะปัจจุบันจนถึงปัจจัยต่างๆ ทั้งหลายที่สามารถนำกระบวนการผลิตให้ไปสู่เป้าหมายที่ตั้งไว้โดยใช้วิธีการทดสอบการวิเคราะห์ค่าสัดส่วนของประชากร 2 ชุด (2 Proportions) เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลาง

เกินกว่าค่าที่กำหนด และพิสูจน์สาเหตุโดยใช้การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (GR&R)

2.4 การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

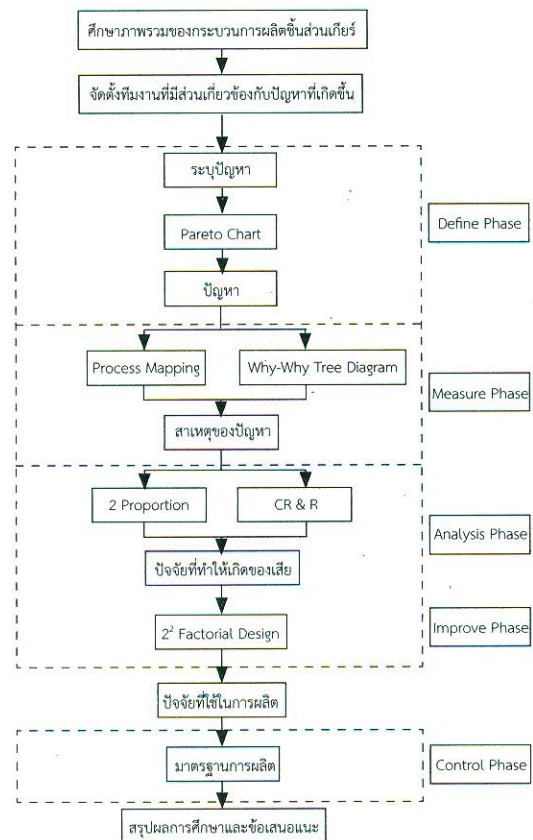
ออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) [9] โดยทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^2 Factorial Design [10] เพื่อทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการกลึงทำให้ทราบปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องจักรในสายงานกระบวนการผลิต

2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ

ขั้นตอนนี้เป็นการควบคุมข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ต้องควบคุมระบบการทำงานเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำอีก หรือเป็นการตรวจติดตามปัญหาอย่างต่อเนื่อง โดยได้ทำการออกแบบและจัดสร้างระบบเอกสารมาตรฐานการทำงานในการควบคุมคุณภาพ (Work Instruction)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนตามแนวทาง DMAIC ดังรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนในการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการกำหนดปัญหา

โดยได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง 6 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2556 โดยแผนภาพพารโต้ (Pareto Diagram) [4], [10]

3.2 ขั้นตอนการวัด

การดำเนินการขั้นนี้ เป็นขั้นตอนการวัดความผิดพลาดต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการปรับปรุง โดยการสร้างแผนภูมิการไหลของกระบวนการ เพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา แล้วนำเข้าสู่กระบวนการระดมสมองโดยการสร้างแผนภูมิต้นไม้ (Why-Why Tree) [2] เพื่อแสดงเหตุและผลของปัญหา

3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

หลังจากหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญซึ่งน่าจะมีผลต่อปัญหาแล้ว ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการพิสูจน์สมมติฐานเพื่อหาว่าปัจจัยต่าง ๆ มีผลจริงหรือไม่ โดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.3.1 ศึกษาการนำเข้าทั้งหมด 2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ได้แก่ อายุการใช้งานของดอกเจาะ (Usage of Tooling) และระยะการตั้งศูนย์ของเครื่องจักร (Centering of machine) จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบแบบประชากร 2 กลุ่ม โดยวิเคราะห์ที่ละสาเหตุแห่งปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของ 2 Proportion เป็นการตัดสินใจจากค่า $P\text{-Value} > 0.05$ เพื่อเป็นการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Test Method)

3.3.2 การประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลนับ (Measurement System Analysis) โดยพิสูจน์จากผลการวัด GR&R กับกระบวนการกลึงเกียร์

3.4 ขั้นตอนการปรับปรุง

ออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) โดยทำการออกแบบการทดลองแบบ 22 Factorial Design [9] เพื่อหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรตอบสนองของกระบวนการกับปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองของกระบวนการกลึง ทำให้ทราบปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องจักรในกระบวนการผลิต

3.5 ขั้นตอนการควบคุมปัญหา

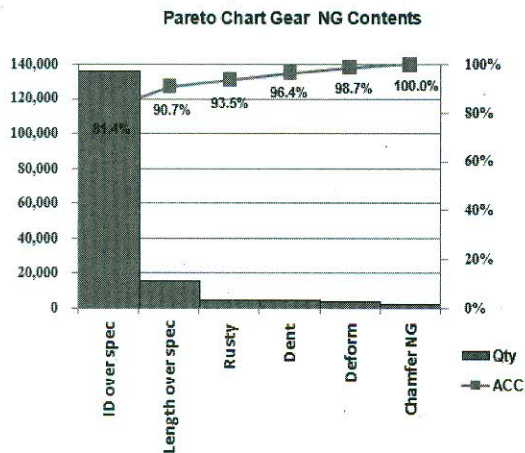
ขั้นตอนนี้เป็นการติดตาม ตรวจสอบ และประเมินผลงานที่ปฏิบัติ โดยการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง ถ้าผลลัพธ์ออกมาตามเป้าหมายก็จะนำไปกำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ครั้งต่อไป และใช้แบบฟอร์ม (Check Sheet) ในการควบคุมกระบวนการผลิตอีกด้วย

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลขั้นตอนการระบุปัญหา

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลของปัญหาในกระบวนการผลิตเกียร์ของโรงงานกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน 2556 พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด คือ ปัญหาเส้นผ่าน

ศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดของโมเดล ID 3 (-0.010/-0.020) คิดเฉลี่ยเป็น 3.4% ของ ยอดการผลิต โดยปัญหานี้มีสาเหตุหลักมาจาก กระบวนการกลึง แสดงการจำแนกปัญหา ดังรูปที่ 4-1



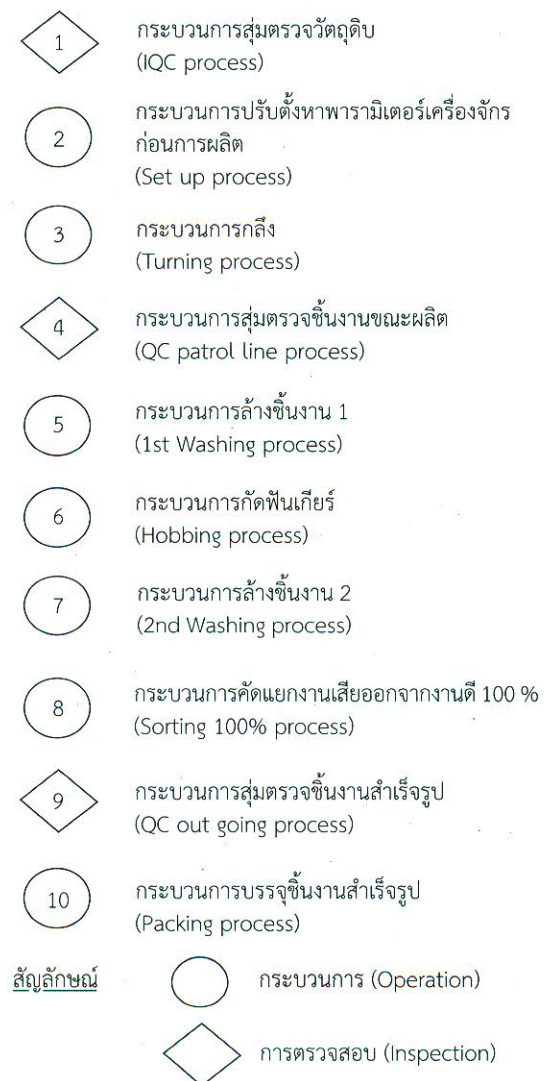
รูปที่ 4-1 แผนภาพพาเรโตจำแนกลักษณะของปัญหา NG

รูปที่ 4-1 แผนภาพพาเรโตแสดงปริมาณ ของเสียในกระบวนการผลิตเกียร์ พบปัญหาเส้น ผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด (ID over spec) มีเปอร์เซ็นต์สะสมจากการดำเนินงานมากที่สุดเท่ากับ 81.40% ซึ่งสอดคล้องกับการเลือกปัญหาที่มีนัยสำคัญมากที่สุดตามกฎ 80-20 ดังนั้น ปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน เกินกว่าค่าที่กำหนด (ID over spec) ควรเป็น ปัญหาเร่งด่วนที่ถูกนำมาดำเนินการปรับปรุง แก้ไขก่อน

4.2 ขั้นตอนการวัด

4.2.1 จากการสร้างแผนที่กระบวนการ ผลิตเกียร์ (Process Mapping) [2, 9] เพื่อ

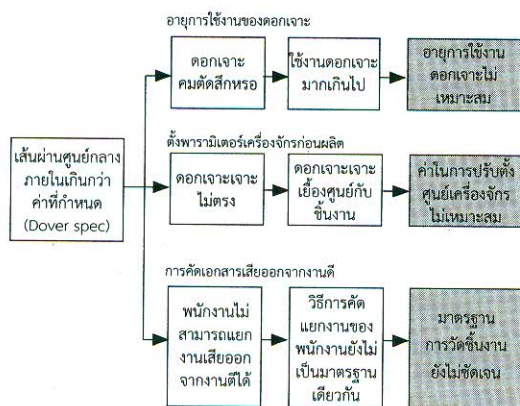
ทำการศึกษาปัจจัยและความสัมพันธ์ในแต่ละ กระบวนการ ดังรูปที่ 4-2 พบว่าปัญหาชิ้นงาน เส้นผ่านศูนย์กลางเกินกว่าค่าที่กำหนดเกิดขึ้น ที่กระบวนการกลึง แสดงโดยสีแดง และ อาจเกิดปัญหาการหลุดรอดของชิ้นงานเสียที่ กระบวนการคัดแยกงานเสียออกจากงานดี (Sorting 100% process)



รูปที่ 4-2 กระบวนการที่จะก่อให้เกิดปัญหาเกียร์เส้น ผ่านศูนย์กลางเกินกว่าค่าที่กำหนด

4.2.2 จากนั้นวิเคราะห์แผนภาพ

สาเหตุและผล (Why-Why Tree Diagram) [2] โดยการระดมสมอง ซึ่งในที่นี้ประกอบไปด้วย ฝ่ายผลิต ฝ่ายช่างเทคนิค ฝ่ายซ่อมบำรุง ฝ่ายวิศวกรรม และฝ่ายควบคุมคุณภาพ โดยการนำปัจจัยนำเข้าแยกตามกระบวนการ แสดงดังรูปที่ 4-3 จากแผนผังต้นไม้แสดงเหตุและผลของปัจจัยนั้นจะพบว่าสาเหตุรากเหง้าของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการมีทั้งหมด 3 สาเหตุ คือ 1) อายุการใช้งานของดอกเจาะไม่เหมาะสม 2) ค่าในการปรับตั้งศูนย์เครื่องจักรยังไม่เหมาะสม 3) มาตรฐานขั้นตอนการวัดยังไม่ชัดเจน



รูปที่ 4-3 แผนภูมิต้นไม้แสดงเหตุและผลของปัจจัยที่เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด

4.3 ผลขั้นตอนการวิเคราะห์

จากขั้นตอนการวัดผล พบว่าสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาที่ทำการศึกษามี 3 สาเหตุ ประกอบด้วย 1) อายุการใช้งานของดอกเจาะไม่เหมาะสม 2) ค่าในการปรับตั้งศูนย์เครื่องจักรยังไม่เหมาะสม 3) มาตรฐานขั้นตอนการวัดยังไม่ชัดเจน

แนวทางการวิเคราะห์นั้นจะทำการวิเคราะห์ที่สาเหตุแห่งปัจจัย โดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานระหว่างค่าสัดส่วนของประชากรสองชุด (2 Proportion) ในสาเหตุที่ 1-2 และใช้วิธีการประเมินความสามารถของระบบการวัดแบบข้อมูลวัด (GR&R) ในสาเหตุที่ 3 เพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยตัวใดเป็นสาเหตุที่แท้จริงที่ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด โดยในการทดลองนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อกลั่นกรองปัจจัยต่าง ๆ (Screening Factor) ที่สงสัยออกก่อนหรือเป็นการกรองเฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญ โดยลักษณะงานดีของชิ้นงานจะต้องมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายในมีขนาด 3 (-0.010/-0.020) มิลลิเมตร

4.3.1 อายุการใช้งานของดอกเจาะ (Usage of Tooling) ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองที่ช่วง 150,000 ชิ้น และ 200,000 ชิ้น จากนั้นวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนได้ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดเมื่อนำดอกเจาะมาใช้ผลิตงานในช่วง 150,000 ชิ้น มีความแตกต่างกับการนำดอกเจาะมาใช้ผลิตงานที่ 200,000 ชิ้น แสดงให้เห็นว่าอายุการใช้งานของดอกเจาะ เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดตามที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ ดังรูปที่ 4-4

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	6795	200000	0.033975
2	2005	150000	0.013367

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.0206083
 95% CI for difference: (0.0196244, 0.0215923)
 Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 41.05, P-Value = 0.000

รูปที่ 4-4 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของอายุการใช้งานของดอกเจาะ

4.3.2 ค่าในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักร (Centering of Machine) ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองที่ช่วง 5 ไมครอน และ 12 ไมครอน จากนั้นวิเคราะห์หาความแปรปรวนได้ค่า P-Value = 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอัตราการเกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดเมื่อทำการปรับตั้งศูนย์ของชุดเจาะทั้งสองครั้งมีความแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าค่าในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักร เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดตามที่ตั้งสมมติฐานไว้ ดังรูปที่ 4-5

Test and CI for Two Proportions

Sample	X	N	Sample p
1	75	2000	0.037500
2	13	2000	0.006500

Difference = p (1) - p (2)
 Estimate for difference: 0.031
 95% CI for difference: (0.0219595, 0.0400405)
 Test for difference = 0 (vs not = 0): Z = 6.72, P-Value = 0.000

รูปที่ 4-5 ผลการทดสอบสมมติฐานข้อบกพร่องของค่าในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักร

4.3.3 การประเมินประสิทธิภาพการ

ตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ทฤษฎี GR&R

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000003	88.76
Repeatability	0.0000003	88.76
Reproducibility	0.0000000	0.00
Operator	0.0000000	0.00
Part-To-Part	0.0000000	11.24
Total Variation	0.0000003	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.0005224	0.0031343	94.21	31.34
Repeatability	0.0005224	0.0031343	94.21	31.34
Reproducibility	0.0000000	0.0000000	0.00	0.00
Operator	0.0000000	0.0000000	0.00	0.00
Part-To-Part	0.0001859	0.0011152	33.52	11.15
Total Variation	0.0005545	0.0033268	100.00	33.27

รูปที่ 4-6 ผลการคำนวณค่า Total GR&R

รูปที่ 4-6 ผลพบว่าค่า Total GR&R เท่ากับ 31.34% หมายความว่าค่าที่อ่านจากเครื่องมือวัด BMD มีค่าผันแปรไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่าเครื่องมือวัด BMD ไม่สามารถใช้ในการตรวจจับและการแยกแยะของดีหรือของเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นระบบการวัดจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด

4.4 ผลขั้นตอนการปรับปรุง

4.4.1 การออกแบบการทดลองแบบ 2^2 Factorial Design จากการทดลองวิเคราะห์หาความแปรปรวนเพื่อถ่วงการปัจจัยต่าง ๆ มีปัจจัยที่ยังไม่สามารถทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสม ดังนั้นจึงกำหนด Level ของแต่ละปัจจัยต่าง ๆ โดยอ้างอิงข้อมูลเดิมของการผลิตเกียร์โมเดล ID 3 (-0.010/-0.020) ดังรูปที่ 4-7

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	Current Condition	Level		หน่วย
		1	2	
Usage of tooling	200,000	200,000	150,000	pieces/tool
Centering of machine	12	12	5	mm.

รูปที่ 4-7 ปัจจัยและลักษณะปัจจัยป้อนเข้า

จากนั้น ออกแบบการทดลอง ผลการทดลองแบบ 2^2 Factorial Design [9] เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนจากสาเหตุหลักและความแปรปรวนร่วมของแต่ละ factor ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4-8

Factorial Fit: Defect versus Usage, Center MC

Estimated Effects and Coefficients for Defect (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4579.8	41.18	111.21	0.000
Usage	2857.0	1428.5	41.18	34.69	0.000
Center MC	2576.0	1288.0	41.18	31.28	0.000
Usage*Center MC	-1096.5	-548.2	41.18	-13.31	0.000

S = 116.474 PRESS = 217060
R-Sq = 99.83% R-Sq(pred) = 99.32% R-Sq(adj) = 99.70%

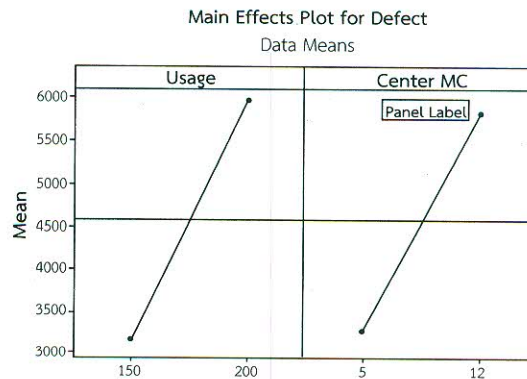
รูปที่ 4-8 ค่าวิเคราะห์ความแปรปรวน

จากรูปที่ 4-8 จากผลการทดสอบที่ได้พบว่า

- 1) อายุการใช้งานของดอกเจาะ มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึงอายุการใช้งานของดอกเจาะมีผลต่อปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

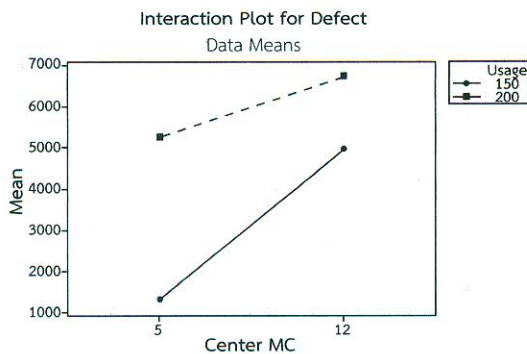
- 2) ค่าในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักร มีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 นั้นหมายถึง ค่าในการปรับตั้งศูนย์ชุดเจาะมีผลต่อปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

สรุปผลของการทดลองใช้ Main Effect Plot และ Interaction Plot เพื่อหาระดับปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดน้อยที่สุด ดังรูปที่ 4-9 และ 4-10



รูปที่ 4-9 กราฟผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสาเหตุหลัก

รูปที่ 4-9 เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของสาเหตุหลักแต่ละตัวโดยเมื่อลดอายุการใช้งานของดอกเจาะลงจากเดิม คือ 200,000 ชิ้นต่อดอกเจาะ 1 ตัว เป็น 150,000 ชิ้นต่อดอกเจาะ 1 ตัว จะทำให้ปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดลดลงและเมื่อเปลี่ยนค่าปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักรจากเดิม คือ 12 ไมครอน เป็น 5 ไมครอน จะทำให้ปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดลดลงเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ตัวแปรร่วมแต่ละตัว

รูปที่ 4-10 พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของดอกเจาะ และค่าในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักร จะพบว่าอายุการใช้งานของดอกเจาะที่ใช้ผลิตชิ้นงาน 150,000 ชิ้น ทำให้เกิดปัญหาจุดต่ำลดลง และค่าปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักรที่ 5 ไมครอน ทำให้เกิดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดลดลง สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของดอกเจาะกับค่าปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักรไม่มีอิทธิพลร่วมกัน

4.4.2 การจัดทำมาตรฐานขั้นตอนการตรวจสอบ (Operation Standard) จากการทำการวิเคราะห์ GR&R จากข้อ 4.3.3 พบว่าค่า Repeatability มากกว่าค่าที่กำหนด ซึ่งวิเคราะห์ได้ว่ากระบวนการวัดเกิดข้อบกพร่องจากวิธีการวัด ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้คิดและกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบงานรูปแบบใหม่ และได้นำไปทำการฝึกอบรม (Training) ให้กับพนักงานที่อยู่ในกระบวนการคัดแยกชิ้นงานเสียออกจากงานดี 100% ซึ่งหลังจากการอบรมจะทำให้พนักงานปฏิบัติงานไปใน

แนวทางเดียวกัน จากนั้นการประเมินประสิทธิภาพการตรวจสอบชิ้นงานโดยใช้ทฤษฎี GR&R อีกครั้ง ดังรูปที่ 4-11

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage RaR	0.0000000	100.00
Repeatability	0.0000000	87.96
Reproducibility	0.0000000	12.04
Operator	0.0000000	1.30
Operator*Part No	0.0000000	10.74
Part-To-Part	0.0000000	0.00
Total Variation	0.0000000	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage RaR	0.0001069	0.0006413	100.00	6.41
Repeatability	0.0001002	0.0006015	93.79	6.01
Reproducibility	0.0000371	0.0002225	34.70	2.23
Operator	0.0000122	0.0000732	11.41	0.73
Operator*Part No	0.0000350	0.0002101	32.77	2.10
Part-To-Part	0.0000000	0.0000000	0.00	0.00
Total Variation	0.0001069	0.0006413	100.00	6.41

รูปที่ 4-11 ค่า Total GR&R หลังการฝึกอบรม

จากรูปที่ 4-11 ผลการคำนวณค่า Total GR&R เท่ากับ 6.41% หมายความว่าค่าที่อ่านจากเครื่องมือวัด BMD มีค่าผันแปรที่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่า เครื่องมือวัด BMD สามารถใช้ในการตรวจจับและการแยกแยะของดีหรือของเสียได้อย่างมีนัยสำคัญ

4.5 ขั้นตอนการควบคุมปัญหา

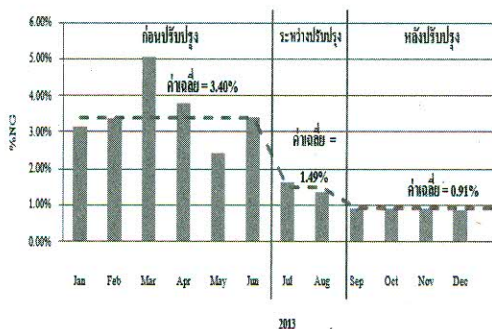
ตัวแปรที่ทำการควบคุมปัญหาคือ

1. อายุการใช้งานของดอกเจาะ (Usage of Tooling) เป็นหน้าที่แผนกวิศวกรรมที่จะต้องทำการกำหนดมาตรฐานอายุการใช้งานของดอกเจาะใน tooling layout และทำการเปลี่ยนตามกำหนดพร้อมลงบันทึกลงในใบบันทึกข้อมูล

2. ค่าในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักรเป็นหน้าที่ของหัวหน้าฝ่ายผลิต

แผนกสิ่งที่จะต้องทำการกำหนดมาตรฐานในการปรับตั้งศูนย์ของเครื่องจักรโดยต้องปรับตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการผลิตทุกครั้ง แล้วทำการฝึกอบรมพนักงานให้ปฏิบัติไปในแนวทางเดียวกัน พร้อมลงในบันทึกข้อมูล (Set up record)

3. การจัดทำมาตรฐานการวัดเป็นหน้าที่ของแผนกควบคุมคุณภาพที่จะต้องกำหนดมาตรฐานในการวัดที่เหมาะสมและถูกต้อง พร้อมทั้งฝึกอบรมพนักงานให้ปฏิบัติไปในทางเดียวกัน และทำแผนการฝึกอบรมซ้ำหลังจากการปรับปรุงและการควบคุมตัวแปรต่าง ๆ แล้ว พบว่าปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดมีแนวโน้มที่ลดลงแสดงดังรูปที่ 4-12



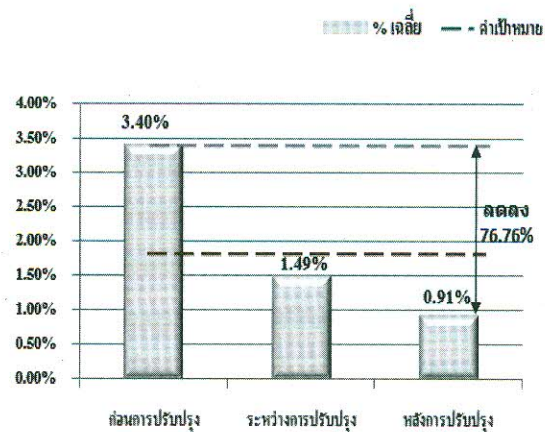
รูปที่ 4-12 แนวโน้มการเกิดปัญหาเกียร์เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนด

รูปที่ 4-12 พบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ ปัญหาเกียร์เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินกว่าค่าที่กำหนดจากผลการดำเนินงาน โดยช่วงก่อนการดำเนินการแก้ไขปัญหาคือ เดือนมกราคม – มิถุนายน 2556 พบว่ามี

ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.40% ซึ่งผลการดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงปัญหาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงคือช่วงแรกเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและกำลังปรับปรุง คือเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม 2556 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.49% และช่วงที่สองเป็นผลหลังจากการควบคุมปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหา คือเดือนกันยายน-ธันวาคม 2556 พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.91% ซึ่งสามารถลดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินค่าที่กำหนดลงได้ตามเป้าหมายที่วางเอาไว้

4.5 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกมา มาช่วยแก้ปัญหาชิ้นงานเกียร์เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินค่าที่กำหนดในกระบวนการกลึง จากเดิมพบของเสียอยู่ที่ 3.40% เหลือ 0.91% ซึ่งบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยสามารถลดปัญหาเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเกินค่าที่กำหนดมากถึง 76.76% ดังรูปที่ 4-13



รูปที่ 4-13 สรุปผลการทดลองหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ:

1. งานวิจัยฉบับนี้ได้ศึกษาชิ้นงานเกียร์ (Gear) โมเดล ID 3 (-0.10/-0.020) เท่านั้น ผู้ที่สนใจจะนำงานวิจัยนี้ไปพัฒนาต่อยอดนั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโมเดลอื่น ๆ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขสายการผลิตให้มีคุณภาพดีขึ้นได้ แต่จะต้องพิจารณาปัจจัยในส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะทำให้ผู้ที่ทำการศึกษาต่อไปมีแนวทางในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ในการศึกษาครั้งต่อไป หากมีการเพิ่มเติมความสามารถของกระบวนการการผลิตโดยการนำเทคนิค ดีเอ็มเอไอซี (DMAIC) ของ ชิกซ์ ชิกม่ามาประยุกต์ใช้ในช่วงที่ผลิตภัณฑ์กำลังทำการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product) ก็จะมีส่งผลให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไปแล้ว การปรับปรุงแก้ไขบางอย่างทำได้ยากมาก เนื่องจากจะกระทบต่อต้นทุนและอาจต้องแจ้งให้ลูกค้าทราบเพื่อขออนุมัติการเปลี่ยนแปลง

3. ในการดำเนินงานตามหลักการชิกซ์ ชิกม่านั้น พนักงานในองค์กรทุกคนควรมีความรู้และทักษะ เพื่อจะสามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร

4. หลักการ DMAIC ของชิกซ์ ชิกม่า นอกจากจะมีประโยชน์ในด้านการผลิตกับบริษัทกรณีศึกษาแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหน่วยงานหรือองค์กรอื่น ในด้านอื่น ๆ ดังนี้

- ด้านผลิตภัณฑ์ เช่น ลดระยะเวลาในการเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ตลาดการแข่งขัน,

เป็นผู้นำทางเทคโนโลยี, มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง และต้นทุนผลิตภัณฑ์ลดลง

- ด้านลูกค้า เช่น คุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการเป็นที่พึงพอใจของลูกค้า, ราคาของผลิตภัณฑ์ต่ำลง และลูกค้าได้รับสิ่งที่พวกเขาต้องการจริง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. ดร.ณฐา คุปต์ขเจียร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิด ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแนวทางในการปรับปรุงหัวข้อต่าง ๆ ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และคณาจารย์ทุกท่าน ที่สนับสนุนงานวิจัยไว้ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ (Department of Trade Negotiations), 2556. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.thaifta.com>
- [2] ธนรัตน์ เอี่ยมเจริญ, 2554. การลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนปั๊มฉุกเฉินโดยใช้หลักการ DMAIC: กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี .การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 20-21 ตุลาคม 2554

- [3] บรรหาร ลีลา, 2554. การลดปัญหาการยวบของฝาครอบด้านบนในกระบวนการประกอบฮาร์ดดิสก์ด้วยวิธี DMAIC. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554 20-21 ตุลาคม 2554
- [4] วสันต์ พุกผาสุก, 2551. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า : กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 พ.ค.-ส.ค. 2551
- [5] พงศ์ สกุกพุกผาสุก, 2550. การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [6] Wichai Chattinnawat, 2008. Methodology of DMAIC with Why-Why Analysis in a Hierarchical Decision Procedure: A Case Study of Quality Improvement of Polarization Maintain and absorption Reducing (PANDA) Fiber Connectors, Journal of Industrial Engineering, ICMIT2008.
- [7] วลัยพร เหมโส, 2013. การลดของเสียจากกระบวนการผลิตผ้าเบรครถยนต์โดยประยุกต์ใช้วิธีการ DMA-IC. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลชัยบุรี.
- [8] Nabeel Mandahawia, Rami H. Fouad*, a, Suleiman Obeidata, 2012. An Application of Customized Lean Six Sigma to Enhance Productivity at a Paper Manufacturing Company. Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Hashemite University, Zarqa 13115, Jordan
- [9] นายธีระพงษ์ บุญสมปอง และณฐา คุปต์ชัยเจริญ. การลดปัญหาทูลสตอน คอมโพเน้นท์ โดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา : กระบวนการประกอบแผ่นวงจรชนิดอ่อน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลชัยบุรี
- [10] Anup A.Junankar1, P.N Shende2, Minimization Of Rework In Belt Industry Using DMAIC. Department of Mechanical Engineering, Engineering College, Nagpur
- [11] วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. 2548. ปฏิวัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma ฉบับ Champion และ Black Belt บ.ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์ จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- [12] วิทยา สุทธิดำรง และก้องเดชา บ้านมะหิงษ์. 2545. Six Sigma กลยุทธ์การสร้างผลกำไรขององค์กรระดับโลก. สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, กรุงเทพฯ.