

การปรับปรุงคุณภาพการผลิตในบริษัทผลิตสายไฮดรอลิกทนแรงดันสูง

Quality Improvement in High Pressure Hydraulic Hose Manufacturing Company

จรสวรรณ โกยวานิช นงลักษณ์ ภัทรวิชญกุล และ นิกอร์ ศิริวงศ์ไพศาล*

Jarotwan Koivanit, Nongluck Patrawichkul and Nikorn Sirivongpaisal

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail nikorn.s@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีเป้าหมายในการปรับปรุงคุณภาพการผลิตของบริษัทผลิตสายไฮดรอลิกทนแรงดันสูง ในขั้นตอนการกำหนดหัวข้อปัญหา ได้วิเคราะห์ข้อมูลและเลือกปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณมากที่สุดคือ ปัญหาท่อปูดนูน (Swelling) เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตแสดงถึงความเสถียร ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าความสูญเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทนี้จะเกิดขึ้นในอนาคต และหากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มุ่งหาและกำจัดสาเหตุรากเหง้า ปัญหานี้จะเกิดขึ้นอีก

ในขั้นตอนการสังเกตการณ์ พบว่า ปัญหาท่อปูดนูนจะเกิดในขั้นตอนการผลิตในแผนกถักเส้นลวด (Braiding) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการทำงานสอง ส่วน คือ การทำความเย็นและการถักเส้นลวด โดยใช้เครื่องทำความเย็นและเครื่องถักเส้นลวด ตามลำดับ จากการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการถักเส้นลวด พบว่า การถักเส้นลวดลงบนยางชั้นในนั้น ยางชั้นในต้องมีความแข็งเพื่อสามารถที่จะทนทานต่อแรงดึงที่ผิวเนื้อยาง อันเกิดจากเครื่องถักเส้นลวด โดยความแข็งของยางชั้นในเกิดจากกระบวนการทำความเย็นโดยเครื่องทำความเย็น ซึ่งลักษณะการทำงานของกระบวนการถักเป็นดังนี้ มีการถักเส้นลวดทับลงบนยางชั้นในของสายไฮดรอลิก โดยเมื่อเส้นลวดที่ทำการถักหมด จะมีการหยุดเดินเครื่อง ทำให้สายไฮดรอลิกที่อยู่ระหว่างเครื่องทำความเย็น และเครื่องถักเส้นลวดได้รับความเย็นไม่เพียงพอ และเมื่อเริ่มถักเส้นลวดลงบนท่อครั้งใหม่หลังจากเปลี่ยนลวด จะส่งผลทำให้เกิดปัญหาท่อปูดนูนขึ้น ทางคณะผู้ทำการวิจัยจึงได้เสนอแนวคิดที่จะทำการลดของเสียที่เกิดจากปัญหาข้างต้น โดยมีการติดตั้งสัญญาณเตือนเมื่อลวดใกล้หมดซึ่งจะมีการคำนวณค่าที่เหมาะสมระหว่างความยาวของเส้นลวดและความยาวของสายไฮดรอลิกที่ถักได้ และจะมีเครื่องวัดเวลาที่ใช้ในการถักเส้นลวด เมื่อได้เวลาตามที่กำหนดแล้ว ให้พนักงานทำการตัดต่อท่อด้วยแกนในของท่อ (Mandrel) ที่ไม่ใช้งานแล้ว ปัญหาข้างต้นจะสามารถกำจัดออกไปได้

คำสำคัญ : ท่อไฮดรอลิกทนแรงดันสูง, ท่อปูดนูน (Swelling), ความสามารถของกระบวนการ

Abstract

This research is focused on quality improvement project in high pressure hydraulic hose manufacturing company. In the stage of

problem identification, the most crucial problem that is needed to be fixed is hose swelling. It is recognized since the production data is analyzed and illustrated the stability pattern. Thus this swelling problem is predictable how lost from this kind of defect the company does. And if it is still neglected to work out and to eliminate the root cause, it will be recurred in the near future.

Under observation, hose swelling always exists in the production process of braiding department, which consists of two stages. They are freezing process and braiding process by the use of freezing and braiding machine, respectively. From function analysis of braiding process, it is found out that inner rubber of hydraulic hose must be solid enough to be able to endure the tension force from braiding machine. Solid state of inner rubber can be affected from freezing process. By investigating quality planning of braiding process, wires will be braided on inner rubber of hydraulic hose, and when the wires run out, the machine will be stopped. This will make the temperature of hydraulic hose, which is between freezing and wire-braiding machine, highly increases. When wire-braiding process is restarted, the hose that lost temperature will encounter with the swelling problem. Therefore, the project team members brought up the concept in order to reduce swelling defects. Counter is installed for warning operators before the braiding wires run out. And the appropriate length of wire and hose is calculated and converted to braiding cycle time, which will be set on counter. When the setting time reaches, the operators will be warned to prepare in order to cut and connect hose with bare mandrel. Thus the wires will be braided on mandrel and hose swelling will not be occurred.

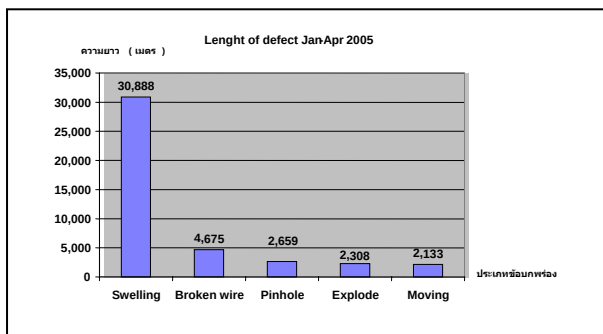
1. บทนำ

สายไฮดรอลิกทนแรงดันสูง ถูกใช้งานสำหรับเครื่องจักรชนิดต่างๆ ในหลากหลายอุตสาหกรรม และรวมทั้งเครื่องจักรที่ใช้ในงานก่อสร้าง ในกรณีของบริษัทที่ทำการผลิตสายไฮดรอลิกแห่งนี้ ซึ่งมีระบบบริหารคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9000:2000 ได้มีการกำหนด

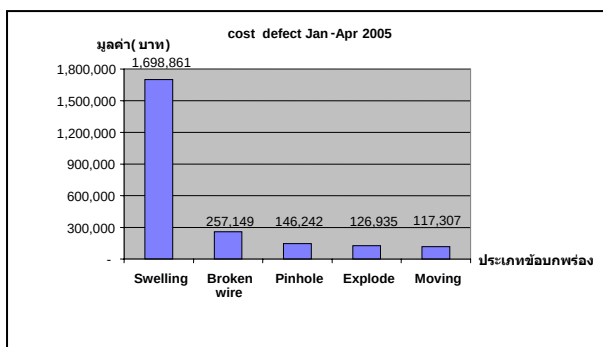
วัตถุประสงค์คุณภาพของบริษัท สำหรับปี 2548 ซึ่งมีการตั้งเป้าหมายในเรื่องต่าง ๆ ประกอบด้วย การวางแผนเป้าหมายที่ต้องการจะผลิต การลดต้นทุนการผลิต การเพิ่มผลผลิต คุณภาพการผลิต การดำเนินการส่งเสริมกิจกรรมความปลอดภัย และการดำเนินการรักษากิจกรรม 5 ส

2. การกำหนดหัวข้อปัญหา

จากการที่คณะผู้วิจัย ได้เข้ามาศึกษาเรียนรู้กระบวนการทำงาน และฝึกงานกับทางบริษัท ทำให้ทราบถึงปัญหาในด้านคุณภาพการผลิตของบริษัท ซึ่งมีตัวชี้วัด 3 หัวข้อด้วยกัน ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของเสียทั้งหมด (%Total Spoilage) เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง (%Scrap) และเงินที่สูญเสียจากการส่งคืนสินค้า (Cost of Claim) และจากการเก็บรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2548 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2548 เกี่ยวกับความบกพร่อง (Defect) ของสายไฮดรอลิกที่สามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภทตามการจำแนกของบริษัท ได้แก่ ท่อรั่วมีรู (Pinhole) ลวดขาด (Broken wire) ท่อระเบิด (Explode) ท่อพองตัว (Swelling) และท่อลื่น (Moving) สามารถนำข้อมูลที่ได้มานำเสนอ โดยใช้แผนภาพ พารโต ดังแสดงในรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 จำนวนของข้อบกพร่องประเภทต่างๆ



รูปที่ 2 มูลค่าเงินที่สูญเสียจากข้อบกพร่องประเภทต่าง ๆ

จากแผนภูมิ Pareto ในรูปที่ 1 และรูปที่ 2 สามารถวิเคราะห์ได้ว่าข้อมูล ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดจากท่อพองตัว (Swelling) มีความเสถียร (Stability) ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า ความสูญเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องประเภทนี้จะเกิดขึ้นในอนาคต และ หากปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มุ่งหา และกำจัดสาเหตุรากเหง้า ปัญหานี้จะเกิดขึ้นอีก ซึ่งอาจจะมีผลทำให้วัตถุประสงค์คุณภาพของบริษัทในหัวข้อคุณภาพการผลิตเรื่องเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์บกพร่อง ไม่บรรลุตามที่มุ่งหมายไว้ และนอกจากนี้ยังมีผลทำให้เสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

ท่อพองตัว (Swelling) เป็นลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดจากยางตรงบริเวณที่ถักลวดส่วนหนึ่ง ร่นไปด้านหลัง เมื่อถักเส้นลวดทับลงไป จะทำให้เกิดการพองตัวขึ้น จากการศึกษากระบวนการผลิตในเบื้องต้นสามารถแสดงให้เห็นในรูปที่ 3 แผนภูมิกระบวนการ (Outline Process Chart) ของการผลิตสายไฮดรอลิก ได้ดังนี้

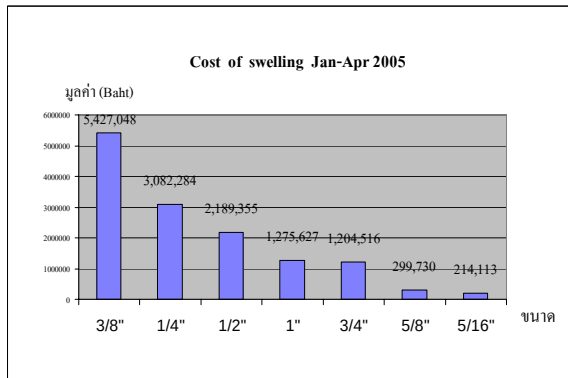


รูปที่ 3 Outline Process Chart ของ กระบวนการผลิต

3. การสังเกตการณ์และการตั้งคำถาม

3.1 การสังเกตการณ์

ปัญหาท่อพองตัว (Swelling) จากการสังเกตเบื้องต้น จะเกิดกับท่อขนาดเล็ก และพบว่าเกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิต ที่แผนกถักยางชั้นใน (Inner Extrusion) แผนกเตรียมไส้ (Mandrel) แผนกถักเส้นลวด (Braiding) และนอกจากนี้ยังสามารถพบได้ที่แผนกถักยางชั้นนอก (Cover Extrusion) และแผนกถอดไส้และตรวจสอบ (Extracting) อีกด้วย และเมื่อพิจารณาปัญหาท่อพองตัว (Swelling) ในรายละเอียดลงไป โดยจำแนกข้อมูลตามขนาดของท่อ ดังแสดงในรูปที่ 4 จะสามารถวิเคราะห์ตามหลักการพารโตที่ว่าสิ่งสำคัญมีน้อย แต่สิ่งเล็กน้อยมีมาก (Vital Few, Trivial Many) [1] ได้ว่ามูลค่าที่สูญเสียเนื่องจากปัญหาท่อพองตัว (Swelling) ประมาณ 8,509,332 บาท หรือคิดเป็น 62% มาจากขนาดท่อ 2 ขนาด ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลมีเสถียรภาพ ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่าในอนาคต ปัญหาท่อพองตัวจะยังคงเกิดขึ้นกับท่อขนาด 1/4" และ 3/8" ซึ่งเป็นปัญหาที่บริษัทควรให้ความสนใจ



รูปที่ 4 มูลค่าเงินที่สูงขึ้นเสียไปกับปัญหาที่อุดตันของท่อแต่ละขนาด

โดยการบริหารคุณภาพของกระบวนการนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องค้นหาตัวบ่งชี้ หรือดัชนีชี้วัด [2] เพื่อให้ทราบถึงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) ที่บ่งชี้ถึงสมรรถนะของกระบวนการซึ่งตัววัดที่ดีตัวหนึ่ง คือ ความสามารถด้านศักยภาพ (Potential Capability Index, P_p) และจากการตรวจสอบและเก็บข้อมูลข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในแต่ละม้วนของสายไฮดรอลิกที่ผลิตได้จึงทำการประเมินความสามารถของกระบวนการ โดยแผนภูมิควบคุม u (u -chart) [3] และนิยามให้

$$\bar{u} = \frac{\text{จำนวนรวมข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์} (\sum C)}{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ตรวจสอบ} (\sum n)} \quad (1)$$

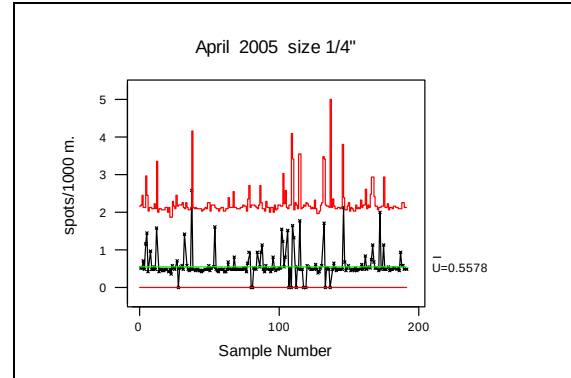
$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2)$$

$$CL = \bar{u} \quad (3)$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (4)$$

3.2 การตั้งค่าเป้าหมาย

การพิจารณาค่า P_p ของกระบวนการผลิตท่อขนาด 1/4" สามารถเริ่มต้นดำเนินการจากการพิจารณาแผนภูมิควบคุม u แสดงดังนี้

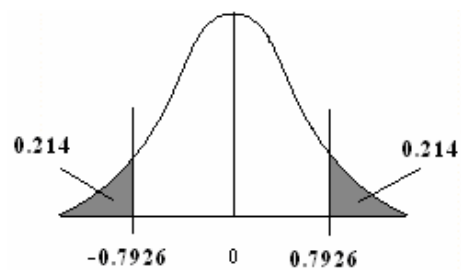


รูปที่ 5 แผนภูมิควบคุม u ของท่อขนาด 1/4"

จากแผนภูมิควบคุม พิจารณาค่า $\bar{u} = 0.5578$ ครั้ง / 1000 m. และสามารถคำนวณค่าสัดส่วนของเสีย (Fraction Defective) ที่เกิดขึ้นได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\bar{p} = 1 - e^{-0.5578} = 0.428 \quad (5)$$

สัดส่วนของเสียดังกล่าว สามารถแสดงในรูปของการแจกแจงแบบปกติได้ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การแจกแจงปกติของสัดส่วนของเสียที่ค่าปัจจุบัน

จะได้ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ คือ

$$P_{pBench} = \frac{1}{3} \times Z_{Bench} \quad (6)$$

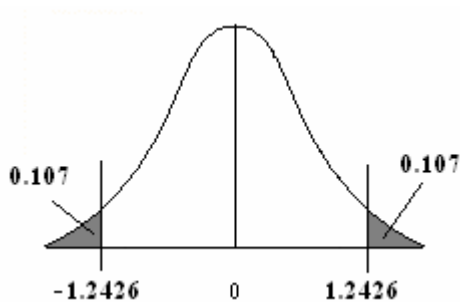
$$P_{pBench} = \frac{1}{3} \times 0.7926 = 0.26 \quad (7)$$

ซึ่งหากมีการปรับปรุงได้ดี ความสามารถของกระบวนการจะต้องเพิ่มสูงขึ้น โดยเป้าหมายของการทำโครงการต้องการให้ ระดับของเสีย เนื่องจากท่อปูดนูน ลดลงครึ่งหนึ่งจากระดับของเสียในปัจจุบัน

$$\bar{P}_{new} = \frac{1}{2} \times \bar{P}_{old} \quad (8)$$

$$= \frac{1}{2} \times 0.428 = 0.214 \quad (9)$$

และมีการแจกแจงแบบปกติของสัดส่วนของเสีย ที่ตั้งเป็นเป้าหมาย ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การแจกแจงปกติของสัดส่วนของเสียที่ค่าเป้าหมาย

จะได้ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ คือ

$$P_{pBench} = \frac{1}{3} \times 1.2426 \quad (10)$$

$$= 0.41$$

ดังนั้นค่าเป้าหมายของการปรับปรุง คือ การเพิ่มความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ ขึ้นจากระดับปัจจุบันเท่ากับ $0.41 - 0.26 = 0.15$

สำหรับกรณีการพิจารณาค่า P_p ของกระบวนการผลิตท่อขนาด 3/8" มีลักษณะเดียวกับกระบวนการผลิตท่อขนาด 1/4" ที่แสดงข้างต้น โดยสามารถหาค่า $\bar{u} = 0.785$ ครั้ง / 1000 m. และ $\bar{p} = 0.544$ และ $P_{pBench} = 0.20$ สำหรับเป้าหมายในการปรับปรุงเช่นเดียวกับท่อขนาด 1/4" โดยดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อ เพิ่มความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการเท่ากับ $0.37 - 0.20 = 0.17$

โดยสรุป หัวข้อปัญหาในการทำวิจัย คือ การเพิ่มความสามารถของกระบวนการผลิตท่อขนาด 1/4" และ 3/8" จาก 0.26 เป็น 0.41 และ 0.20 เป็น 0.37 ตามลำดับ ภายในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ซึ่ง

คาดว่าจะทำให้ทางบริษัทสามารถบรรลุ วัตถุประสงค์คุณภาพตามเป้าหมายที่วางไว้ได้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพการผลิต

4. การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้า

การวิเคราะห์สาเหตุ ได้มีการนำแผนภาพกังปลามาเป็นเครื่องมือ ในการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของการเกิดปัญหาท่อปูดนูน (Swelling) มีการระดมสมองจากผู้ที่เกี่ยวข้องจากฝ่ายต่างๆ โดยใช้บัตรความคิด เพื่อความคิดที่หลากหลายและเป็นอิสระต่อกัน และได้นำสาเหตุเหล่านั้น มาสรุปเป็นแผนภาพกังปลาได้ดังรูปที่ 8

จากแผนภาพกังปลา สามารถระบุได้ว่าท่อปูดนูนนั้นเกิดขึ้นจาก 3 ส่วน คือ แผนกถักยางชั้นใน (Inner Extrusion) แผนกถักเส้นลวด (Braiding) ที่เครื่องทำความเย็น และแผนกถักเส้นลวด (Braiding) ที่เครื่องถักเส้นลวด จากการเก็บข้อมูลทวนสอบ วิเคราะห์ได้ว่าโดยส่วนใหญ่ความถี่ในการเกิดขึ้นของท่อปูดนูน ถูกพบที่แผนกถักเส้นลวด ดังนั้นการแก้ปัญหาจึงได้มุ่งประเด็นการวิเคราะห์สาเหตุไปที่ เครื่องทำความเย็นและเครื่องถักเส้นลวด ที่เครื่องหมายเลข 1, 2, 4, 5, 10, 13 เป็นจำนวน 6 เครื่อง ซึ่งใช้ในการผลิตท่อขนาด 1/4" และ 3/8"

หลังจากวิเคราะห์สาเหตุ ที่ส่งผลต่อการเกิดขึ้นของท่อปูดนูน ซึ่งเกี่ยวกับเครื่องจักร จึงได้กำหนดดัชนีชี้วัดตัวหนึ่ง ที่ใช้ในการอธิบายประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Equipment Efficiency, OEE) ในแผนก Braiding โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาทำการวิเคราะห์เพื่อคำนวณเป็นค่า OEE ของแต่ละเครื่องถักเส้นลวด ซึ่งสมการที่ใช้สำหรับการคำนวณค่า OEE สามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\%OEE = \%Availability * \%Performance * \%Quality \quad (11)$$

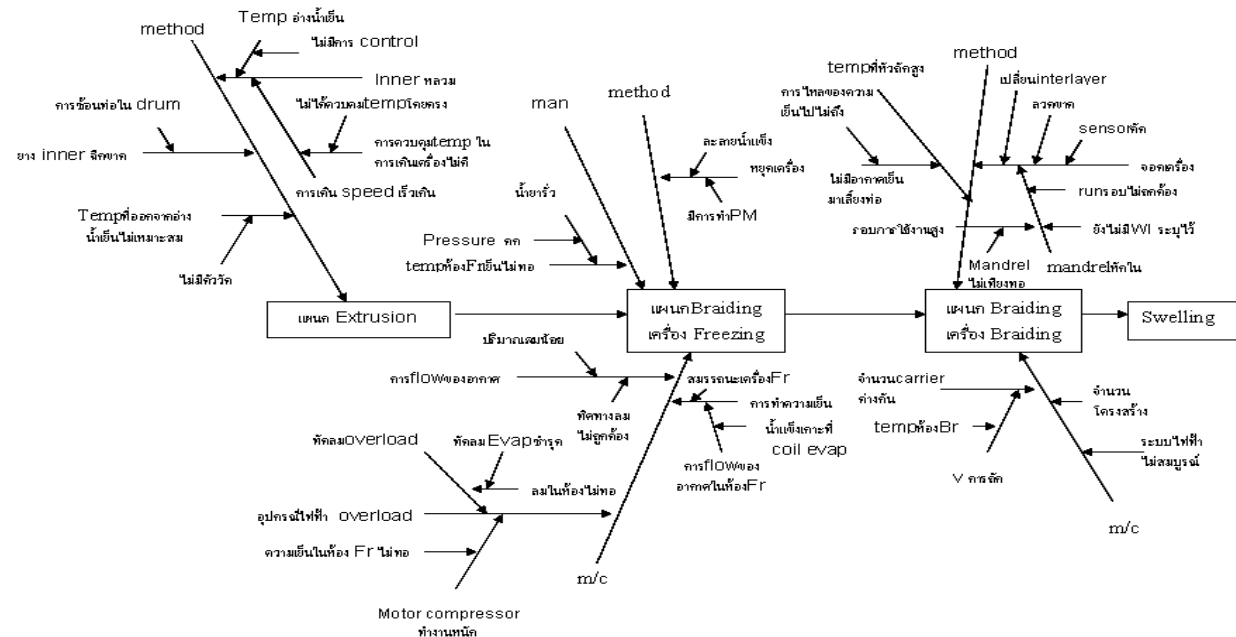
และค่า OEE ที่ได้สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่า OEE ของเครื่อง Braiding

M/C	%A	%P	%Q	%OEE
1	80.75	95.50	98.50	75.96
2	85.25	94.75	96.62	78.04
4	88.50	98.25	98.81	85.91
5	80.25	97.00	98.74	76.86
10	87.50	94.50	99.38	82.17
13	83.25	95.25	99.06	78.55

5. การกำหนดมาตรการตอบโต้

จากการวิเคราะห์ค่า OEE ได้กำหนดมาตรการตอบโต้ขึ้นมา 2 ข้อด้วยกัน



รูปที่ 8 แผนภาพก้างปลา

5.1 การปรับปรุงเครื่องทำความเย็น

แนวความคิดในการปรับปรุงภายใต้หัวข้อนี้ เริ่มจากการพิจารณาค่า %Availability ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งในค่า OEE ที่อธิบายถึงความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร จากลักษณะการทำงานที่หน้างานจริง เครื่องทำความเย็นที่แผนกถักเส้นลวดจะต้องได้รับการบำรุงรักษาตามแผนการบำรุงรักษา ที่ถูกกำหนดขึ้นทุกๆ 50 ชั่วโมง เพื่อทำการละลายน้ำแข็งที่เกาะตรงตำแหน่งของ Evaporator ซึ่งน้ำแข็งที่เกาะนี้จะทำให้ปริมาณการไหลของอากาศ ในเครื่องทำความเย็นลดลง ส่งผลทำให้ท่อไฮดรอลิกไม่ได้รับปริมาณความเย็นตามที่กำหนด สาเหตุที่ทำให้เกิดน้ำแข็งมาเกาะที่ Evaporator นั้นเนื่องจากความชื้นจากอากาศภายนอกที่เข้ามาในเครื่องทำความเย็น จึงทำให้น้ำแข็งก่อตัวขึ้น

ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันแนวความคิดที่น่าเสนอจึง เริ่มต้นโดยการดำเนินการเก็บข้อมูล เพื่อทดสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอากาศ ระหว่างตำแหน่งทางเข้าของเครื่องทำความเย็น และตำแหน่งทางออกของพัดลมดูดอากาศของเครื่องถักเส้นลวด ดังแสดงข้อมูลในตารางที่ 2 ทำให้สรุปได้ว่า ที่ตำแหน่งทางออกของพัดลมดูดอากาศของเครื่องถักเส้นลวดนั้น มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นน้อยกว่า ที่ตำแหน่งทางเข้า อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของอากาศ

%ความชื้น	1	2	3	4	5	6
ทางเข้า	73.3	74.6	74.1	74.0	74.3	74.9
ทางออก	70.5	71.4	65.7	64.0	69.0	

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ Two Sample T-Test

	N	Mean	StDev	SE
ทางเข้า	6	74.20	0.551	0.23
ทางออก	5	68.12	3.160	1.40
$H_0 : \mu_{out} = \mu_{in}$ vs. $H_1 : \mu_{out} < \mu_{in}$				
T-Value = -4.24, P-Value = 0.007				

จึงทำให้เกิดแนวความคิด ที่จะนำอากาศที่ทางออกจากพัดลมดูดอากาศของเครื่องถักเส้นลวด วนกลับเข้ามาในห้องทำความเย็น เพื่อป้องกันหรือลดปริมาณความชื้นของอากาศจากภายนอก เข้าสู่เครื่องทำความเย็น ซึ่งจะส่งผลทำให้ความชื้นในเครื่องทำความเย็นลดลง และมีผลตรงต่อ Evaporator ของเครื่องทำความเย็นมีน้ำแข็งมาเกาะช้าลง ทำให้เครื่องสามารถทำงานได้นานขึ้น เป็นการยืดระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักร ก่อนที่จำเป็นต้องการบำรุงรักษา จะทำให้สามารถเพิ่ม %Availability ของค่า OEE ได้

5.2 การวางระบบควบคุม

แนวความคิดในการปรับปรุงภายใต้หัวข้อนี้ ได้จากการสังเกตการณ์ทำให้ทราบว่า เมื่อเกิดการหยุดเครื่องเพื่อทำการเปลี่ยนลวด ซึ่งเครื่องจักรหนึ่งประกอบไปด้วยหัวถักจำนวน 24 หัว ใช้เวลาในการเปลี่ยนลวดทั้ง 24 ม้วนเฉลี่ยครึ่งชั่วโมง จะเป็นเหตุให้เกิดท่อปูดนูนหรือของเสียขึ้น ตรงช่วงตั้งแต่ทางออกของเครื่องทำความเย็นจนถึงหัวถักเนื่องจาก เมื่อมีการหยุดเดินเครื่องจักร จะมีท่อส่วนหนึ่งที่ค้างอยู่ระหว่างหัวถักและเครื่องทำความเย็น ซึ่งมีความยาวประมาณ 6 เมตรที่ไม่ได้รับความเย็น จึงทำให้เมื่อเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่ ท่อช่วงนั้นจะไม่สามารถทนต่อแรงดึงจากการถักได้ทำให้เกิดเป็นท่อปูดนูน

ดังนั้นจึงเกิดแนวความคิด ในการวางระบบควบคุมกระบวนการ ซึ่ง Automotive Industry Action Group (AIAG) ได้ให้ความหมายของการควบคุมกระบวนการ คือ ลักษณะของการควบคุมที่อาจจะอยู่ในรูปของการป้องกัน ถึงสิ่งที่เป็นไปได้ของลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุ ตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องจากการเกิดขึ้นหรือตรวจจับลักษณะข้อบกพร่องหรือสาเหตุ ตลอดจนกลไกของข้อบกพร่องที่อาจจะทำให้เกิดขึ้น และวิธีการควบคุมกระบวนการอาจได้รับการจำแนกออกได้หลายวิธีด้วยกัน [4] ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกวิธีการควบคุมด้วยตนเอง (Self-Control) โดยวิธีการที่เสนอ คือ การให้พนักงานนำแกนในของท่อ (Mandrel) ที่ไม่ใช่แล้วมาติดต่อแทนท่อส่วนที่ค้างอยู่ ระหว่างหัวถักและเครื่องทำความเย็น ซึ่งเมื่อเริ่มเดินเครื่องจักรลวดอีกครั้งหลังจากเสร็จสิ้นการเปลี่ยนลวด เครื่องจักรจะถักที่ตัว Mandrel ก่อนและจากนั้นจึงดำเนินการถักลวดกับท่อที่ค้างอยู่ในเครื่องทำความเย็น ซึ่งได้รับความเย็นอย่างเพียงพอส่งผลให้ท่อปูดนูนจะไม่เกิดขึ้น ดังนั้น มาตรการนี้เป็นมาตรการหนึ่ง ที่จะสามารถเพิ่มค่า %Quality ของค่า OEE ได้ จึงได้มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความยาวของลวด และส่งสัญญาณเตือนเมื่อลวดถักใกล้จะหมดสำหรับพนักงาน

อุปกรณ์ที่ติดตั้ง ประกอบด้วย

1. Digital Counter (2 set points)
2. Zelio smart relay
3. Warning light
4. PVC Cubicle 310*210*150 mm.
5. เครื่องбакท่อ
6. Mandrel แก่ที่ไม่ใช้งานแล้ว
7. เชือกผูกปลายท่อและปลาย Mandrel

วิธีการปฏิบัติงาน หรือ Work Instruction สำหรับพนักงาน ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เริ่มมีการเดินท่อพร้อมทั้งนับเวลาทั้งหมดที่จะใช้ในการถักเส้นลวดของท่อ lot นั้นๆ

2. เมื่อเวลาในการเดินท่อนับถอยหลังจนถึงนาฬิกาที่ 5 (สังเกตจาก Digital Counter) จะมีสัญญาณเตือนเป็นไฟสีแดงสว่างขึ้น

3. พนักงานแผนกเปลี่ยนเส้นลวด เข้ามาทำการเตรียมตัวที่จะทำการตัดท่อ

4. เมื่อ Digital Counter นับถอยหลังจนถึง 0 นาฬิกา ให้พนักงานเริ่มดำเนินการตัดท่อ

5. ทำการบากปลายท่อชั้นใน (Inner) กับปลาย Mandrel ที่ต้องการจะทำการต่อเข้าด้วยกัน

6. ผูกปลาย Mandrel กับปลายท่อชั้นใน (Inner) lot ใหม่ด้วยเชือก เพื่อให้ยึดติดกัน

7. เมื่อ Mandrel เข้าไปแทนที่ท่อในช่วงระหว่างหัวถัก Deck A จนถึงห้องทำความเย็น แล้วเครื่องจะหยุดทำงาน

8. พนักงานแผนกเปลี่ยนเส้นลวด เข้ามาทำการเปลี่ยนลวดในห้องถัก

9. เมื่อเปลี่ยนเส้นลวดเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงานเข้าไปทำการกด Restart เครื่อง เพื่อนับเวลาในการเดินเส้นลวดครั้งใหม่ และเดินเครื่องจักร

5.3 การคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์

ก่อนที่จะได้นำมาตรการตอบโต้ไปปฏิบัติ นั้น ได้มีการคำนวณความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อประเมินว่าการปฏิบัติงานแบบเก่า กับแบบใหม่ที่ได้มีการออกแบบมาตรการตอบโต้แล้วนั้น มีความคุ้มค่าหรือไม่ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบมูลค่าเงินที่สูญเสีย

วัตถุดิบที่ต้องสูญเสีย	การปฏิบัติงานแบบเก่า	การปฏิบัติงานแบบใหม่
เส้นลวด	85 บาท	85 บาท
ยางชั้นใน	39 บาท	-
Mandrel	59 บาท	-
รวม	183 บาท	85 บาท

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่า หากปฏิบัติงานแบบเก่าเมื่อหยุดเครื่อง 1 ครั้ง จะเกิดท่อปูดนูนขึ้นทำให้ต้องเสียวัตถุดิบ คือ เส้นลวด ยางชั้นใน และ Mandrel ซึ่งรวมมูลค่าเงินแล้วจะต้องสูญเสียเงินไปทั้งสิ้น 183 บาท ต่อการหยุดเครื่องหนึ่งครั้ง แต่หากสามารถดำเนินการตามมาตรการตอบโต้ที่ได้วางไว้ จะทำให้สูญเสียวัตถุดิบเพียงเส้นลวดอย่างเดียว เนื่องจาก เส้นลวดจะถักทับลงบน Mandrel ซึ่ง Mandrel เป็น Mandrel ที่ไม่ใช่แล้วจากการผลิต โดยจะสูญเสียเงินไป 85 บาท ต่อการหยุดเครื่องหนึ่งครั้ง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้ 54 %

เมื่อพิจารณาระยะเวลาคืนทุน สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ในเครื่องถักหนึ่งเครื่อง ที่สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน}}{\text{มูลค่าที่ประหยัด}} \quad (12)$$

โดย จำนวนเงินลงทุน คือ ค่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งเท่ากับ 10,597 บาท
มูลค่าที่ประหยัด พิจารณาจาก 1 วันจะต้องเปลี่ยนลวด 1 ครั้ง
ดังนั้นใน 1 เดือนจะสามารถประหยัดได้เท่ากับ 2,940 บาท
และดังนั้นจึงต้องใช้เวลาประมาณ 3.6 เดือน จึงจะสามารถคืนทุนได้

6. การนำมาตรการตอบโต้ไปปฏิบัติ

6.1 ผลการทดลอง

ได้มีการทดลองจริงตามขั้นตอนการปฏิบัติงาน ที่ได้กำหนดขึ้น โดยเมื่อเวลาลวดถักใกล้จะหมด กำหนดให้พนักงานนำ Mandrel ไปแทนที่ท่อขึ้นในช่วงระหว่างตั้งแต่หัวถัก Deck A จนถึงห้องทำความเย็น และได้เลือกเครื่องต้นแบบ เป็นเครื่องถักเส้นลวด หมายเลข 13 ซึ่งใช้ทำการผลิตท่อขนาด 1/4" เป็นท่อ 2 ชั้น ให้ทำการบันทึกเวลาเริ่มเดินเครื่อง ถัก เวลาที่เครื่องถักหยุดทำงานจริงเนื่องจากเส้นลวดหมด และเวลาที่ตั้งไว้ของ Digital Counter สำหรับท่อแต่ละ lot ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 บันทึกเวลาการตัดต่อท่อเมื่อมีการเปลี่ยนเส้นลวด

Date	lot	เริ่มเดินเครื่อง	เวลาหยุดเดินเครื่องจริง จาก sensor	เวลาที่ set ที่ counter	หมายเหตุ
3/3/2006			1.50	-	
3/3/2006		3.07			
4/3/2006			1.20	2.48	
4/3/2006		1.35			
5/3/2006			5.00	6.15	
5/3/2006		5.38			
6/3/2006			7.45	8.55	
6/3/2006		8.2			
7/3/2006			11.40	12.05	
7/3/2006		12.15			
8/3/2006			19.40	20.00	
8/3/2006		20.10			
9/3/2006			18.45	18.50	
9/3/2006		19.40			
10/3/2006			22.00	22.22	
10/3/2006		22.35			
11/3/2006			21.35	21.50	
11/3/2006		21.52			
12/3/2006			20.20	20.35	
12/3/2006		21.00			
13/3/2006			19.30	19.40	
13/3/2006		20.28			
14/3/2006			18.20	18.50	
14/3/2006		19.27			
15/3/2006			16.50	17.24	
15/3/2006		17.23			
16/3/2006			9.00	9.40	
16/3/2006		15.30			

6.2 อภิปรายผลการทดลอง

เวลาที่ตั้งไว้ของ Digital Counter (คอลัมน์ที่ 5 ของตารางที่ 4) ซึ่งได้จากการคำนวณของความยาวลวดทั้งหมด กับเวลาที่เกิดขึ้นจริงเมื่อมีการหยุดเครื่องเนื่องจากลวดหมด (คอลัมน์ที่ 4 ของตารางที่ 4) มีค่าที่แตกต่างกัน โดยท่อขนาด 1/4" โครงสร้าง 5+4 สามารถคาดการณ์ได้ว่า ความแตกต่างของเวลาของ ค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่เกิดขึ้นจริง ภายใต้อายุความเชื่อมั่น 95% มีค่าอยู่ระหว่าง 55-100 นาที่ ส่วนท่อขนาด 1/4" โครงสร้าง 5+6 สามารถคาดการณ์ได้ว่า ความแตกต่างของเวลา ของค่าที่ได้จากการคำนวณกับค่าที่เกิดขึ้นจริง ภายใต้อายุความเชื่อมั่น 95% มีค่าอยู่ระหว่าง 10 – 22 นาที่

6.3 สรุปผลการทดลอง

6.3.1 ตัวแปรที่ส่งผลต่อความแตกต่างระหว่างเวลาที่หยุดเดินเครื่องจริง และเวลาที่ set ที่ Digital Counter

- ค่า length counter หรือตัวนับความยาวในการเตรียมเส้นลวด เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการทดลอง เนื่องจากทางโรงงาน มีเครื่องเตรียมเส้นลวดจำนวนหลายเครื่อง แต่ละเครื่องมีความสามารถในการนับความยาวเส้นลวดที่จะทำการเตรียมแตกต่างกัน โดยลวดที่เตรียม เพื่อนำมาใช้ในการทำการทดลองนั้น อาจจะได้จากการเตรียมจากเครื่องเตรียมเส้นลวด ต่างเครื่องกันก็เป็นได้ โดยค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดจากเครื่อง length counter ต่างเครื่องกันนั้น มีค่า ± 1 เมตร

- ค่า Speed ที่ใช้ในการเดินของเส้นลวดที่จะทำการถักท่อ จากผลการทดลองสามารถพิจารณาได้ว่า เมื่อค่า Speed ที่ใช้ในการถักของเส้นลวดลดลง โดยท่อขนาด 1/4" โครงสร้าง 5+4 ใช้ Speed 1.717 m/min ในขณะที่ท่อขนาด 1/4" โครงสร้าง 5+6 ใช้ Speed 1.523 m/min จะส่งผลให้ค่าความแตกต่างของ ค่าเวลาที่ได้จากการคำนวณ กับค่าเวลาที่ใช้ในการถักเส้นลวดจริง มีค่าต่างกันน้อยลง แสดงว่า ค่า speed ที่ใช้ในการเดินของเส้นลวดส่งผลต่อ ค่าความแตกต่างระหว่างค่าเวลาที่ได้จากการคำนวณ กับค่าเวลาที่ใช้ในการถักเส้นลวดจริง

6.3.2 การชดเชยเวลา

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง แสดงให้เห็นได้ว่า เวลาที่ตั้งไว้ของ Digital Counter ที่ได้จากการคำนวณ กับเวลาที่เกิดขึ้นจริงมีค่าที่แตกต่างกัน โดยเวลาที่เกิดขึ้นจริงจะเร็วกว่าเวลาที่ตั้งไว้ ดังนั้นจะต้องมีการชดเชยเวลาที่ตั้งไว้ของ Digital Counter ซึ่งใช้สำหรับระบุเวลาในการตัดต่อท่อ ให้มีค่าเวลาในการตัดเร็วยิ่งขึ้น เพื่อที่จะสามารถให้พนักงานที่ดูแลการเปลี่ยนเส้นลวดเข้าไปเตรียมตัว ที่จะทำการตัดต่อแล้วผูกปลายท่อเข้ากับ Mandrel ที่จะนำไปแทนที่ท่อ โดยจะต้องเข้ามาเตรียมตัว เมื่อสัญญาณไฟเตือนสีเหลืองปรากฏขึ้น แล้วทำการตรวจสอบเส้นลวดที่เหลือในหัว Bobbin ที่เครื่องถักเส้นลวดว่ากำลังใกล้จะหมดแล้ว

หรือไม่ หากเส้นลวดใกล้จะหมดแล้ว ให้ทำการตัดสินใจตัดต่อทันที โดยได้ปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานใหม่ ดังนี้

1. เมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่ หลังจากการเปลี่ยนลวด ตัว Digital Counter ก็จะทำหน้าที่นับเวลาการทำงานไปด้วย โดยจะนับถอยหลังจากเวลาที่ได้ตั้งไว้
2. เมื่อเวลาในการเดินท่อนับถอยหลัง จนถึงนาทีที่ 5 จะมีสัญญาณเตือนเป็นไฟสีเหลืองสว่างขึ้น
3. พนักงานเข้ามาทำการเตรียมตัว ที่จะทำการตัดต่อ แล้วทำการตรวจสอบเส้นลวดที่เหลือในหัว Bobbin ที่เครื่องถักเส้นลวดว่ากำลังใกล้จะหมดแล้วหรือไม่
4. เมื่อเส้นลวดใกล้จะหมด ให้ทำการตัดต่อทันที ซึ่งจะใช้การตัดสินใจของพนักงานร่วมด้วย โดยพยายามให้เหลือเส้นลวดใน Bobbin น้อยที่สุด (การตัดนี้ ไม่จำเป็นว่าเวลาที่เครื่อง Digital Counter นับถอยหลังจะต้องแสดงเป็น 0 ซึ่งโดยตามการคำนวณแล้ว พนักงานจะต้องตัดต่อ เมื่อเวลานับถอยหลังเป็น 0)
5. ทำการบากปลายท่อนชั้นใน (Inner) กับปลาย Mandrel ที่ต้องการจะทำการต่อเข้าด้วยกัน โดยมีความยาวของ Mandrel เท่ากับ 8 เมตร
6. ผูกปลาย Mandrel กับปลายท่อนชั้นใน (Inner) lot ใหม่ด้วยเชือก เพื่อให้ยึดติดกัน
7. เมื่อ Mandrel เข้าไปแทนที่ท่อนในช่วงระหว่างหัวถัก Deck A จนถึงห้องทำความเย็น แล้วเครื่องจะหยุดทำงาน โดยตัว Sensor จะสั่งให้เครื่องหยุดเมื่อลวดหมด แต่หากพนักงานเห็นลวดถักทับลงบน Mandrel แล้วเครื่องยังไม่หยุดทำงาน ให้พนักงานกดปุ่มให้เครื่องหยุด
8. พนักงานแผนกเปลี่ยนเส้นลวด เข้ามาทำการเปลี่ยนลวด
9. เมื่อเปลี่ยนเส้นลวดเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงาน เข้าไปทำการกด Reset เครื่อง เพื่อนับเวลาในการเดินเส้นลวดครั้งใหม่

เมื่อสามารถเสนอมาตรการ ในการแก้ไขปัญหาที่อุปคณได้ แล้วนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงคาดการณ์ว่า หากมีการนำมาตรการที่ได้กำหนดไว้ ไปทำการปฏิบัติและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้นั้น จะส่งผลให้เกิด การปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ โดยคาดการณ์ว่าการนำมาตรการตอบโต้มาปฏิบัติ นั้น จะทำให้สามารถ ลดจำนวนครั้งของการเกิดปัญหาที่อุปคณได้ 1 ครั้ง / lot ซึ่งจากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จะทำให้สามารถบรรลุ ค่าดัชนีชี้วัดเป้าหมายของการแก้ปัญหในงานวิจัยนี้ คือ เพิ่มความสามารถด้านศักยภาพ (P_{pBench}) ของกระบวนการผลิตต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4" ได้เท่ากับ $0.65 - 0.26 = 0.39$

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม สำหรับเงินทุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และได้รับการสนับสนุนเวลาอันมีค่าของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน

ของบริษัทแห่งนี้ จึงทำให้สามารถดำเนินการบรรลุดูประสงค์ของงานวิจัยนี้ได้ จึงขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม และบริษัท ในโอกาสนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ “ระบบการควบคุมคุณภาพที่หน้างานคิวซีเซอร์เคิล” บริษัท เทคนิคอล แอปโพรช เคาน์เซลลิ่ง แอนด์เทรนนิ่ง จำกัด 2546 กรุงเทพฯ
- [2] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ “การแก้ไขปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2548 กรุงเทพฯ
- [3] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ “การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2544 กรุงเทพฯ
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ “การวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ” บริษัท เทคนิคอล แอปโพรช เคาน์เซลลิ่ง แอนด์เทรนนิ่ง จำกัด 2547 กรุงเทพฯ
- [5] สุธิกานต์ วงษ์เสถียร “เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ” บริษัทสกายบุ๊กส์ จำกัด 2548 กรุงเทพฯ
- [6] อิทธิชัย คุเมะ “วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ” สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2541 กรุงเทพฯ