



การลดของเสียและการปรับปรุงระบบควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตชุดกังหันลมด้วย เครื่องมือควบคุมคุณภาพและเทคนิคควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

Defect Reduction and Quality Control System Improvement of windmill stator Production with QC Tools and Statistical Process Control Technique

: Case Study Wind Turbine Stator Factory

ณัฐนันท์ โสภณ และณฐา คุปต์ขเรียร

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

E-mail: natanant_ie@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตสแตเตอร์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่อยู่ในกังหันลม โดยใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและเครื่องมือควบคุมคุณภาพในการควบคุมระบบให้มีประสิทธิภาพขึ้น จากการศึกษาข้อมูลในอดีตของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า มีปัญหากระแสไฟช็อตในชุดลวดทองแดง 45.09% ของปัญหาของเสียทั้งหมด และปัญหาบอบแล้วแตก 36.16% ซึ่งเป็นปัญหาที่พบมากในกระบวนการผลิตในการวิจัยนี้คาดหวังว่าจะสามารถลดปัญหาของเสียที่เกิดจากกระแสไฟช็อตในชุดลวดทองแดง และปัญหาบอบแล้วแตกลงได้โดยการประยุกต์ใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและการออกแบบการทดลอง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแข่งขันในตลาดโลกที่มีแนวโน้มในการผลิตกังหันลมเพิ่มมากขึ้น

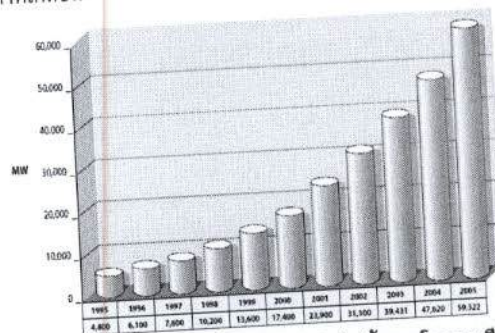
คำหลัก : สแตเตอร์, stator, เทคนิคควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ

1. บทนำ

ลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศและแรงจากลมหมุนของโลก สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเร็วลมและกำลังลม เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าลมเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีอยู่ในตัวเอง ในปัจจุบันมนุษย์จึงได้ให้ความสำคัญและนำพลังงานจากลมมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากพลังงานลมมีอยู่โดยทั่วไป ไม่ต้องซื้อหา เป็นพลังงานที่สะอาด (Green Energy) ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสภาพแวดล้อม และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างไม่รู้จักหมดสิ้น เช่นนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า (Wind Generator) จากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน(รูปที่1) ปริมาณการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้ารวมทั่วโลกในปี 1995 มีการติดตั้งรวมทั้งสิ้น 4,800 เมกกะวัตต์ และเพิ่มปริมาณการติดตั้งอย่างต่อเนื่องทุกปี จนถึงสิ้นปี 2005 มีการติดตั้งรวมทั้งสิ้น 59,322 เมกกะวัตต์ ช่วงปี 1990-2000 มีอัตราติดตั้งเพิ่มสูงสุดถึง 37.35% โดยเฉลี่ยแล้วอัตราการเติบโตการติดตั้งกังหันลมอยู่ที่ 28.67% จากแนวโน้มที่ผ่านมา

อัตราการเติบโตการพัฒนาติดตั้งกังหันลมของโลกยังมีแนวโน้มที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากข้อมูลดังกล่าว ทำให้โรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนกังหันลมจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้ดีเพื่อรองรับแนวโน้มปริมาณกังหันลมที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ในโรงงานที่ทำการศึกษามีการผลิตชิ้นส่วนที่ใช้ประกอบเป็นกังหันลมโดยชิ้นส่วนนี้เรียกว่า สแตเตอร์(Stator) เป็นชิ้นส่วนที่ทำงานร่วมกับแกนโรเตอร์ (Rotor) ทำให้กำเนิดพลังงานไฟฟ้า ในกระบวนการผลิตพบว่ายังประสบปัญหาในการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนด กล่าวคือในกระบวนการผลิตจะใช้แรงงานคนในการประกอบเป็นหลัก ทำให้เกิดความผันแปรต่างๆ ได้มาก การปรับปรุงระบบคุณภาพจึงเป็นส่วนสำคัญในการแก้ไขปัญหา จากการศึกษาข้อมูลในอดีตของโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่เกิดจากกระแสไฟช็อตในชุดลวดทองแดง 45.09% และบอบชิ้นงานแตก 36.16% ของปัญหาของเสียทั้งหมด ซึ่งเป็นปัญหามากที่สุด ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาปัญหากระแสไฟช็อต และการบอบชิ้นงานแตก โดยใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและเครื่องมือทางสถิติ จากนั้นทำการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาและวิธีการควบคุมคุณภาพที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น



รูปที่1 แสดงปริมาณการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าของโลกรายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1995-2005



2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด

ในปี ค.ศ. 1946 JUSE หรือ Union of Japanese Scientists and Engineers ได้ถูกก่อตั้งขึ้นพร้อม ๆ กับการจัดตั้งกลุ่ม Quality Control Research Group ขึ้น เพื่อค้นคว้าให้การศึกษาและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการควบคุม คุณภาพทั่วทั้งประเทศ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดภาพพจน์สินค้าคุณภาพต่ำ ราคาถูกออกจากสินค้าที่ "Made in Japan" และเพิ่มพลังการส่งออกไปพร้อม ๆ กัน หลังจากนั้นมาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งก็คือ Japanese Industrial Standards (JIS) marking system ได้ถูกกำหนดเป็นกฎหมายในปี ค.ศ. 1950 พร้อม ๆ กับการเชื้อเชิญ Dr. W. E. Deming มาเปิดสัมมนาทาง QC ให้แก่ผู้บริหารระดับต่าง ๆ และวิศวกรในประเทศ นับเป็นการจุดประกายของการตระหนักถึงการพัฒนาคูณภาพ อันตามมาด้วยการก่อตั้งรางวัล Deming Prize อันมีชื่อเสียง เพื่อบอกให้แก่โรงงานซึ่งมีความก้าวหน้าในการพัฒนาคูณภาพดีเด่นของประเทศ

ต่อมาในปี ค.ศ. 1954 Dr. J. M. Juran ได้ ถูกเชิญมายังประเทศญี่ปุ่น เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กรในการนำเทคนิค เหล่านี้มาใช้งาน โดยได้รับความร่วมมือจากพนักงานทุก ๆ คน นับเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและรวบรวมเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ รวม 7 ชนิด ที่เรียกว่า QC 7 Tools มาใช้ เครื่องมือควบคุมคุณภาพทั้ง 7 ชนิดนี้ตั้งชื่อตามนักปราชญ์ในตำนานของชาวญี่ปุ่นที่ชื่อ "เบงเก" (Ben-ke) ผู้ซึ่งมีอาวุธอันร้ายกาจแตกต่างกัน 7 ชนิด พกอยู่ที่หลัง และสามารถเลือกดึงมาใช้สลับคู่ต่อสู้ที่มีฝีมือร้ายกาจจนแล้วคนเล่า สำหรับเครื่องมือทั้ง 7 ชนิด สามารถแจกแจงได้ดังนี้

- 1) **ผังแสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram)** หรือผังก้างปลา (Fishbone Diagram) บางครั้งเรียกว่า Ishikawa Diagram ซึ่งเรียกตามชื่อของ Dr.Kaoru Ishikawa ผู้ซึ่งเริ่มนำผังก้างปลาไปใช้ในปี ค.ศ. 1953 เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะ ทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
- 2) **แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)** เป็นแผนภูมิที่ใช้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้น
- 3) **กราฟ (Graphs)** คือภาพลายเส้น แท่ง วงกลม หรือจุดเพื่อใช้แสดงค่าของข้อมูลว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล หรือแสดงองค์ประกอบต่าง ๆ
- 4) **แผ่นตรวจสอบ (Check sheet)** คือแบบฟอร์มที่มีการออกแบบช่องว่างต่าง ๆ ไว้เพื่อใช้บันทึกข้อมูลได้ง่าย และสะดวก
- 5) **ฮิสโตแกรม (Histogram)** เป็นกราฟแท่งที่ใช้สรุปการอนุมาน (Inference) ข้อมูลเพื่อที่จะใช้สรุปสถานภาพของกลุ่มข้อมูลนั้น
- 6) **ผังการกระจาย (Scatter Diagram)** คือ ผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปรสองตัวว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริง

7) **แผนภูมิควบคุม (Control Chart)** คือแผนภูมิที่มีการเขียนขอบเขตที่ยอมรับได้ของคุณลักษณะตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) เพื่อนำไปเป็นแนวทางในการควบคุมกระบวนการผลิต โดยการติดตามและตรวจจับข้อมูลที่ออกนอกขอบเขต (Control limit)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ได้กำหนดแนวทางการวิจัยไว้ ดังนี้

- 1) ศึกษาข้อมูลทั่วไปในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา
- 2) ศึกษาวิธีการควบคุมคุณภาพและปัญหาในขั้นตอนปัจจุบัน
- 3) ทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ
- 4) การวิเคราะห์หาวิธีการแก้ไขปัญหโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ
- 5) ทดลองใช้รูปแบบการควบคุมคุณภาพแบบใหม่ ประเมินผลและสรุปผลการศึกษา

3.1 การกำหนดปัญหาที่จะนำมาศึกษา

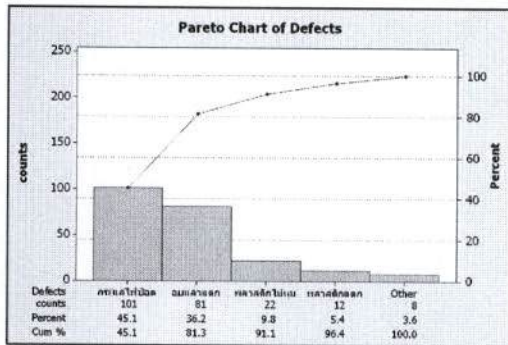
จากข้อมูลการผลิตสเดเตอร์ในระหว่างเดือนมกราคม-กรกฎาคม 2552 ดังตารางที่ 1 ได้ศึกษาข้อมูลของสาเหตุของเสีย โดยรวบรวมสาเหตุต่าง ๆ และทำการจัดเรียงลำดับปัญหาด้วยแผนภาพพาเรโต เพื่อแสดงให้เห็นความสำคัญของปัญหาได้ ดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลการผลิตสเดเตอร์ในระหว่างเดือนมกราคม-กรกฎาคม 2552

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	1008	906	906	1008	1008	900	900
จำนวนสเดเตอร์ที่เป็นของเสีย (ชิ้น)	51	39	20	30	33	29	22
ร้อยละของเสีย	5.06	4.30	2.21	2.98	3.27	3.22	2.44

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละของของเสียเนื่องจากปัญหาที่พบในกระบวนการ

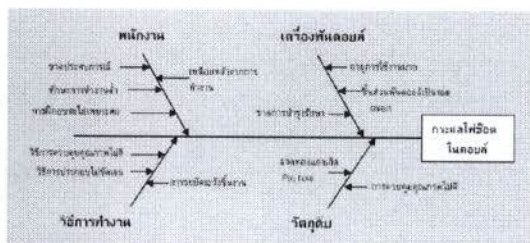
ลำดับที่	ปัญหาที่พบในกระบวนการ	ร้อยละของของเสีย	ร้อยละของเสียสะสม	จำนวนของเสีย (ชิ้น)
1	กระแสไฟฟ้าตกภายในอาคารของบง.	45.09	45.09	101
2	อุปกรณ์แตก	36.16	81.25	81
3	พลาสติกไม่เต็ม	9.62	90.87	22
4	พลาสติกแตก	5.36	96.23	12
5	งานเป็นรอย	1.79	98.02	4
6	ขาดทองแดง	1.34	99.36	3
7	พินขาดหรือขาดเป็นขี้เส้น	0.45	100	1
		100.00		224



รูปที่2 แผนภาพพาเรโต

จากแผนภาพพาเรโตจะเห็นได้ว่ากระแสไฟช็อตในขดลวดทองแดง เป็นปัญหาที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.09 ของของเสียทั้งหมด ดังนั้นการวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาปัญหาเรื่องกระแสไฟช็อตในขดลวดทองแดง

3.2 วิเคราะห์สาเหตุหลักของปัญหา



รูปที่3 ผังแสดงเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระแสไฟช็อตในขดลวดทองแดง

จากผังแสดงเหตุและผล รูปที่ 3 พบว่าเมื่อพิจารณาตามขั้นตอนการผลิตจะมีปัญหาต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับพนักงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพันคอยล์ ขั้นตอนนี้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิตพบว่ามัลด์ที่พันคอยล์เกิดอาการงอ หรือพันกัน ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน ซึ่งพนักงานไม่ใช้เครื่องจับขึ้นงานที่เครื่องกำลังรีดเส้นลวดทองแดงทำให้ลวดทองแดงตกร่อง และทำให้เกิดเส้นลวดหลุดออกจากหลอดม้วนลวดทองแดง Roller จึงทำให้การพันคอยล์งอ หรือพันกันปัญหานี้จึงเกิดการผิดพลาดในการทำงาน

ขั้นตอนที่ 2 การสลักคอยล์พบว่าในขั้นตอนการผลิตนี้พนักงานลืมติด Kapton tape ที่ขดลวดทองแดง และมีการติด Kapton Tape ทับ NX tape ทำให้พลาสติกไหลผ่านไม่สะดวก จึงทำให้ส่งผลต่อการฉีดพลาสติกไม่สมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 การประกอบคอยล์ พบว่าพนักงานประกอบคอยล์ด้านหน้า ของชิ้นงานมีช่องว่างระหว่าง Coil กับ Coil มากเกินไป ทำให้การวางชิ้นงานตอนฉีดพลาสติกไม่สนิท หรือไม่เข้า

Jig Mold ซึ่งจากการวิเคราะห์ปัญหาเกิดจากพนักงานไม่ปฏิบัติงานตามขั้นตอนการประกอบคอยล์

ขั้นตอนที่ 4 การร้อยด้าย สำหรับขั้นตอนนี้ พบว่าพนักงานติด Nx Spacer แบบเดิมตัวไม่เสมอขอบแกนคือติดล้นออกจากแกนเหล็ก ทำให้เกิดปัญหา Block Core กับ Coil ชีตกันไม่สามารถกันกระแสไฟระหว่างขดลวดต่อขดลวดได้

ขั้นตอนที่ 5 การเจียรขา ร่มตะกั่ว พบว่าในการเจียรขาเกิดเป็นรอยที่ขดลวด เกิดจากพนักงานใช้เครื่องจักรขัดเป็นรอยเมื่อเป็นรอยทำให้เกิดการช็อตกันระหว่าง Coil กับ Coil

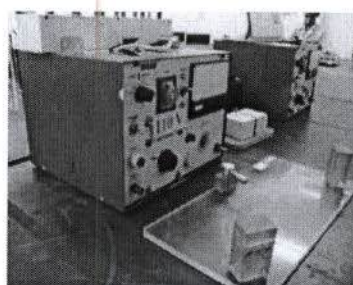
ขั้นตอนที่ 6 การฉีดพลาสติก ในขั้นตอนนี้เนื่องจากต้องจ้าง supplier ข้างนอกผลิต การควบคุมจึงทำได้ลำบากและเนื่องจากเป็นข้อตกลงของฝ่ายบริหารที่ยอมรับในของเสียที่เกิดขึ้น และจากสถิติงานเสียที่เกิดขึ้นมีน้อยมากจึงไม่นำขั้นตอนนี้มาพิจารณา

ปัญหาที่เกิดขึ้น 6 ขั้นตอนนี้ส่วนมากจะเกิดจากพนักงานผู้ผลิต ซึ่งปัจจุบันบริษัทได้ทำการปรับปรุงด้วยการอบรมพนักงานอย่างสม่ำเสมอ และจัดทำเป็นมาตรฐานปฏิบัติ

จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยในด้านวิธีการทำงานในส่วนของการควบคุมคุณภาพยังไม่เหมาะสม คือ การตรวจสอบในกระบวนการผลิต มีเพียงเอกสารตรวจสอบที่บันทึกผลการตรวจว่าผ่านหรือไม่ผ่านและการตรวจกระแสไฟช็อต จะตรวจเฉพาะเมื่อเสร็จกระบวนการนำขดลวดทองแดงติดเข้ากับแกนเหล็ก (Block core) แล้วเท่านั้น แต่ไม่มีการตรวจกระแสไฟระหว่างการผลิต ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้กระแสไฟช็อตนั่นเอง

ดังนั้นจึงได้ทำการสร้างเครื่องมือควบคุมกระบวนการตรวจสอบ คือ โบตรตรวจสอบ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัยของในแต่ละส่วนการผลิต โดยตรวจวัดการช็อตในแต่ละชั่วโมงที่ทำการผลิต

นอกจากนั้นได้ปรับปรุง Jig check เพื่อช่วยในการตรวจสอบกระแสไฟช็อตได้สะดวกรวดเร็วขึ้น ดังรูปที่4



รูปที่4 แสดง Jig check เพื่อช่วยตรวจสอบกระแสไฟช็อต



4. ผลการศึกษา

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไข และได้มีเฝ้าติดตามเก็บข้อมูลชิ้นงานในช่วงการปรับปรุงระยะเวลา 3 เดือน พบว่าจำนวนงานเสียมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนหลังการปรับปรุงโดยโปรแกรม MINITAB พบว่าความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุงมีค่าดัชนีความสามารถด้านกระบวนการ (process capability index, Cp) เท่ากับ 1.05 ซึ่งก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 0.72 สำหรับค่า Cpk ก่อนปรับปรุงได้เท่ากับ 0.35 หลังปรับปรุงเท่ากับ 0.86 ซึ่งแสดงว่าความสามารถของกระบวนการดีขึ้น

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหากระแสไฟช็อตในชิ้นงานสเตเตอร์ โดยสร้างเครื่องมือควบคุมการช็อตของกระแสไฟซึ่งประกอบด้วย ใบตรวจสอบ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิค่าพิสัย นอกจากนั้นยังได้ปรับปรุง jig check งานเพื่อช่วยในการตรวจสอบให้สะดวกเร็วขึ้น

จากการปรับปรุง ความสามารถด้านกระบวนการ (cp) ดีขึ้น อย่างไรก็ดีตามการควบคุมและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจะสามารถลดของเสียและทำให้เพิ่มความสามารถของกระบวนการ

เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. ระบบควบคุมคุณภาพที่ทำงาน : คิวซีเซอร์เกิล. พิมพ์ครั้งที่ 5, บริษัทเทคนิคอล แอปพรอส เคาน์เซลลิ่ง แอนด์ เทรนนิ่งจำกัด, 2546.
- [2] พรเทพ ขอบจายเกียรติ. ความน่าจะเป็นและสถิติวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 7, ขอนแก่น, คณะวิศวกรรมอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545.