

การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติสำหรับกระบวนการ ผลิตพรมทอมือ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตพรม*

พรเทพ ขอขจายเกียรติ¹⁾ และ ศิวาล กัญญาคำ²⁾

¹⁾ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

²⁾ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Email: porkho@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบจากปัจจัยในการผลิตพรมทอมือกลุ่มที่ 3 ที่เป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งมีความสูญเสียเส้นใยมากที่สุด จากการวิเคราะห์และศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูญเสียเส้นใยในการทอพรมโดยใช้เครื่องมือทางสถิติคือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การเปรียบเทียบพหุคูณ และการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าความเร็วรอบของปั่นทอพรมและจำนวนฝี่เข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ที่ไม่เหมาะสมทำให้ความหนาแน่นของพรมที่ทอได้เกินมาตรฐานการผลิตคือ 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับความเร็วรอบของปั่นทอพรมและจำนวนฝี่เข็มโดยเฉลี่ยต่อความยาว 5 เซนติเมตร ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1001-1200 รอบต่อนาที และ 12.91 ฝี่เข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวได้สร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝี่เข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร เพื่อควบคุมความหนาแน่นของพรมในการทอ ผลการดำเนินงานเมื่อใช้ความเร็วรอบของปั่นทอพรมที่เหมาะสม และใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (x chart) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R chart) ของจำนวนฝี่เข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ทำให้สามารถลดความสูญเสียเส้นใยจากเดิมที่มีความสูญเสียเส้นใย 0.05 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ให้เหลือเพียง 0.03 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือลดความสูญเสียเส้นใยลงร้อยละ 40 และเพิ่มความสามารถของกระบวนการ ทำให้ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (C_p) และอัตราส่วนความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (C_{pk}) จากเดิมมีค่าเท่ากับ 0.60 และ 1.67 ปรับปรุงเป็น 1.04 และ 0.96 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝี่เข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร นั้นมีความสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้เป็นอย่างดี โดยมีความน่าจะเป็นที่ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยของกระบวนการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม 3σ ของ $\bar{x}$ และ R charts เท่ากับ 0.054 และ 0.015 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพของพรมที่ผลิตดีขึ้น

คำสำคัญ : พรมทอมือ, การวิเคราะห์ความแปรปรวน, การเปรียบเทียบพหุคูณ, แผนภูมิควบคุม, ความสามารถของกระบวนการ

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2548 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2548

Statistical Quality Control for Hand Tufted Carpet Process : Case Study in Carpet Factory *

Porntep Khokhajaikiat and Siwadol Kanyakam

- 1) Associate Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University 40002
- 2) Master Degree of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University 40002

Email: porkho@kku.ac.th

Abstract

This research is aimed to analyze the effect of factors in hand tufted carpet process. The category 3 carpet is the main product of the case study factory and has the most fiber loss. In analyzing and studying factors which effect fiber loss in carpet tufted process by analysis of variance, comparison test and regression analysis, show that inappropriate tufted gun speed and the inappropriate number of stitch per 5 centimeter made significantly the carpet density above the carpet production standard as 2.44 kilogram per square meter. The appropriate range of tufted gun speed and the appropriate number of stitch per 5 centimeter are 1001-1200 round per minute and 12.91 stitch per 5 centimeter respectively. From the result, mean and range control charts ($\bar{x}$ and R charts) of the number of stitch per 5 centimeter are created to control carpet density. Implementation by appropriate tufted gun speed and control charts can reduce fiber loss from 0.05 to 0.03 kilogram per square meter or reduced 40% of loss and increase the process capability. The potential capability index (C_p) and potential capability ratio (C_{pk}) are improved from 0.60 and 1.67 to 1.04 and 0.96 respectively. The result illustrates that process capability rating is in a fair level. For used mean and range control charts, the change of process can be detected effectively. The probability of undetection within 3σ , changing of mean and range in production process, are 0.054 and 0.015 respectively. As the result in summary, carpet qualities are improved.

Keywords : Hand tufted carpet, Analysis of variance, Comparison test, Control chart, Process capability

* Original manuscript submitted: March 25, 2005 and Final manuscript received: June 10, 2005

บทนำ

อุตสาหกรรมผลิตพรมทอมือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมสิ่งทอที่ต้องใช้แรงงานที่มีทักษะในการทอ โดยขั้นตอนการผลิตพรมเริ่มจากการออกแบบและวาดลวดลายลงบนผ้าใบเพื่อทำการทอพรม เมื่อทอพรมตามลวดลายและขนาดที่ต้องการแล้วจึงนำพรมไปเคลือบกาวด้านหลังพรมเพื่อยึดเกาะเส้นใยให้พรมมีความแข็งแรงมากขึ้น จากนั้นเย็บพับขอบพรมให้เรียบร้อยแล้วทำการตกแต่งให้หน้าพรมเรียบและแกะลายให้คมชัดสวยงาม แล้วจึงทำความสะอาดเพื่อบรรจุและส่งมอบ ขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตพรมทอมือคือขั้นตอนการทอพรมซึ่งต้องใช้แรงงานคนและทอด้วยปืนทอพรม (Tufted gun) ดังนั้นจึงต้องใช้ความประณีตและความชำนาญค่อนข้างมาก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2547) ลักษณะคุณภาพทั่วไปของพรมตามมาตรฐานอุตสาหกรรมจะพิจารณาถึง ชนิดของเส้นใยที่ใช้ทอ ความสูงของพรม ความหนาแน่นของเส้นใยต่อหน่วยพื้นที่ สีและขนาด (มอก., 2518) หากพรมที่ผลิตไม่สอดคล้องกับลักษณะคุณภาพดังกล่าวจะทำให้เกิดความสูญเสียต่อผู้ประกอบการ เช่น ถูกลดราคาขาย นักกลับมาแก้ไขใหม่ สูญเสียวัตถุดิบและเวลาที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ผลกำไรและความสามารถในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นลดลง ดังนั้นการควบคุมคุณภาพในการผลิตพรมจึงมีความสำคัญมากต่อความอยู่รอดของผู้ประกอบการ ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้ประกอบการต้องมุ่งเน้นพัฒนากระบวนการผลิตพรมให้มีคุณภาพตอบสนองความต้องการของลูกค้า และลดความสูญเสียเส้นใยที่เกิดขึ้นเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

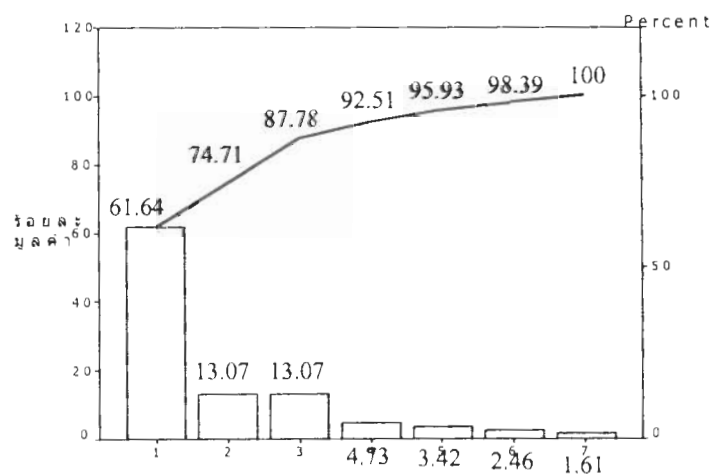
จากข้อมูลปัญหาคุณภาพของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผลิตพรมทอมือและพรมทอเครื่อง พบว่ามีความสูญเสียในการผลิตพรมทอมือร้อยละ 93.61 ของมูลค่าความสูญเสียทั้งหมด ส่วนพรมทอเครื่องมีความสูญเสียเพียงร้อยละ 6.39 ของมูลค่าความสูญเสียทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากพรมทอมือมีลวดลายและความประณีตมากกว่าพรมทอเครื่อง จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าพรมทอมือกลุ่มที่ 3 มีลวดลายซับซ้อนปานกลางและเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษามีปริมาณการผลิตมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 37.73 ของกำลังการผลิตพรมทอมือทั้งหมดซึ่งมี 5 กลุ่ม และความสูญเสียส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่ขั้นตอนทอพรมคิดเป็นร้อยละ 55.02 ของมูลค่าความสูญเสียในการผลิตพรมทอมือกลุ่มที่ 3 ทั้งหมด โดยเกิดจากปัญหาการทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ทำให้สูญเสียเส้นใย 0.05 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาปัญหาคุณภาพในการผลิตพรมทอมือกลุ่มที่ 3 โดยใช้การควบคุมคุณภาพเชิงสถิติและเครื่องมือทางสถิติ เช่น แผนภาพพาเรโต แผนภาพสาเหตุและผล การวิเคราะห์ความแปรปรวน การเปรียบเทียบพหุคูณ และ แผนภูมิควบคุม เพื่อระบุปัญหาที่จะนำมาแก้ไขและค้นหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาเหล่านั้น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหาและวิธีการควบคุมคุณภาพเพื่อลดความสูญเสียเส้นใยที่เกิดขึ้น

การระบุปัญหาที่จะนำมาศึกษา

ข้อมูลปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาที่นำมาพิจารณาเพื่อระบุปัญหาที่จะศึกษาในการวิจัยนี้คือ ข้อมูลร้อยละของมูลค่าความสูญเสียเส้นใยในการผลิตพรมทอมือกลุ่มที่ 3 ของโรงงานกรณีศึกษา เนื่องจากปัญหาต่างๆ ด้านคุณภาพของพรม ดังแสดงในตารางที่ 1 และทำการจัดเรียงลำดับปัญหาตามร้อยละของมูลค่าความสูญเสียด้วยแผนภาพพาเรโต เพื่อช่วยให้เห็นลำดับความสำคัญของปัญหาชัดเจนขึ้น (กิตติศักดิ์, 2540) ดังรูปที่ 1

ลำดับที่	ปัญหาคุณภาพของพรม	ร้อยละของมูลค่าความสูญเสีย
1	ทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐาน	61.64
2	ทอผิดลวดลายและสี	13.07
3	ทอผิดโครงสร้าง	13.07
4	ทอเป็นตามด	4.73
5	ใช้เส้นใยทอผิด	3.42
6	ทอหน้าพรมไม่เรียบ	2.46
7	อื่นๆ เช่น รอยต่อผ้า ปีนกัดผ้า ทอพรมความ เป็น ดัน	1.61
	รวม	100

ตารางที่ 1 ร้อยละของมูลค่าความสูญเสียเส้นใยเนื่องจากปัญหาคุณภาพของพรมทอมือ

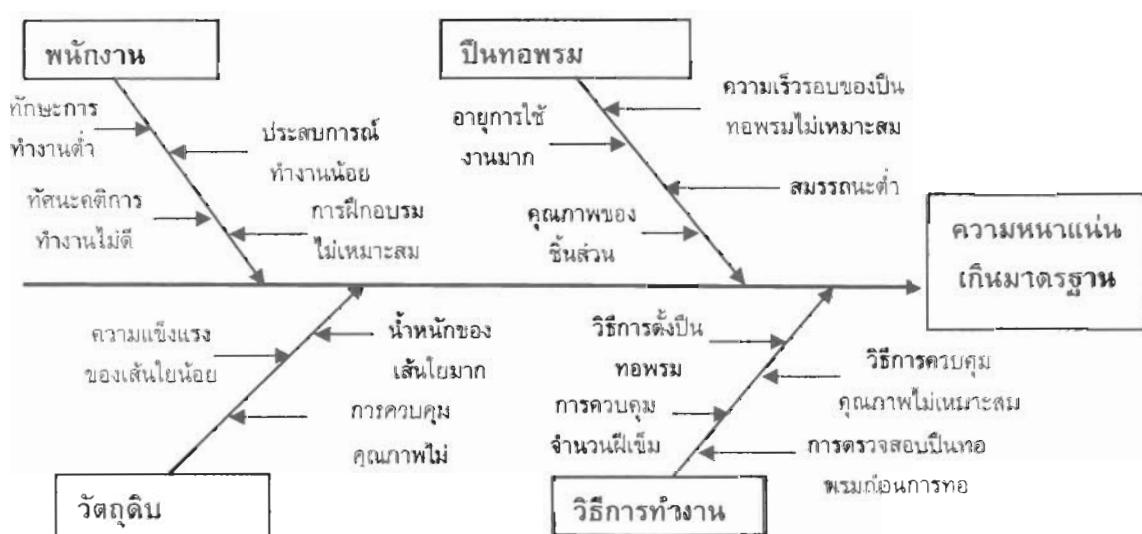


รูปที่ 1 แผนภาพพาเรโตแสดงร้อยละของมูลค่าความสูญเสียเส้นใยเนื่องจากปัญหาคุณภาพของพรม

จากแผนภาพพาเรโตในรูปที่ 1 พบว่าปัญหาคูณภาพที่ทำให้เกิดความสูญเสียเส้นใยมากที่สุด คือ การทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐาน โดยมีมูลค่าความสูญเสียเส้นใยคิดเป็นร้อยละ 61.64 ของมูลค่าความสูญเสียเส้นใยทั้งหมด ดังนั้นการวิจัยนี้จึงศึกษาปัญหาการทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐาน

การวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหา

การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาการทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐานในการวิจัยนี้จะใช้แผนภาพสาเหตุและผล (อิซุรุ, 2541) มาช่วยวิเคราะห์โดยการระดมสมองจากผู้ที่เกี่ยวข้อง คือ พนักงานทอพรม พนักงานควบคุมคุณภาพ ผู้จัดการแผนกคุณภาพ ผู้จัดการแผนกผลิต ซึ่งการวิเคราะห์สามารถแสดงเป็นแผนภาพดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพสาเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาการทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปัญหาการทอพรมความหนาแน่นเกินมาตรฐาน โดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล พบว่าปัจจัยความเร็วรอบที่ไม่เหมาะสมของปิ่นทอพรมและปัจจัยวิธีการควบคุมคุณภาพเป็นปัจจัยที่สำคัญและสามารถทำการปรับปรุงได้ทันที ดังนั้นจึงดำเนินการศึกษาวิธีการเพื่อปรับปรุงและแก้ไขปัจจัยทั้งสองดังกล่าว สำหรับปัจจัยอื่นๆ คือ ทักษะของพนักงานเป็นปัจจัยที่ต้องใช้เวลาและการดูแลจากหัวหน้างาน ซึ่งในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาได้อบรมพนักงานทอพรมอย่างสม่ำเสมอ ส่วนปัจจัยด้านวัตถุดิบนั้นในปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาใช้วัตถุดิบจากผู้ผลิตภายนอกทั้งหมด อีกทั้งได้มีการดำเนินงานควบคุมคุณภาพวัตถุดิบตามที่ระบุไว้และได้รับรองระบบคุณภาพ

มาตรฐานสากล ISO9001:2000 ดังนั้นจึงไม่นำปัจจัยทักษะของพนักงานและปัจจัยด้านวัตถุดิบมาศึกษาในการวิจัยนี้

การวิเคราะห์หาวิธีการแก้ปัญหา

ปัจจัยความเร็วรอบของปืนทอพรหมไม่เหมาะสม

ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาใช้ปืนทอพรหมที่มีความเร็วรอบค่อนข้างหลากหลายมาก เนื่องจากสภาพของปืนทอพรหม อายุการใช้งาน และ สภาพการทำงาน ดังนั้นเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมในการทอพรหม จึงแบ่งช่วงความเร็วรอบของปืนทอพรหมที่ทำการศึกษาเป็น 3 ช่วงคือ 800-1000 รอบต่อนาที 1001-1200 รอบต่อนาที และ 1201 รอบต่อนาทีขึ้นไป จากนั้นนำข้อมูลความหนาแน่นของพรหมที่ทอด้วยปืนทอพรหมในช่วงความเร็วรอบทั้งสามมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เพื่อพิจารณาว่าช่วงความเร็วรอบทั้งสามของปืนทอพรหมทำให้ความหนาแน่นของพรหมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ ซึ่งผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะแสดงดังตารางที่ 2

แหล่งความเปลี่ยนแปลง (Source of Variation)	ผลบวกกำลังสอง (Sum of Squares)	Df	ค่าเฉลี่ยผลบวก กำลังสอง (Mean Square)	F	นัยสำคัญ (Significance)
ระหว่างวิธีปฏิบัติการ (Treatments)	0.294	2	0.147	13.479	0.000
ความคลาดเคลื่อน (ภายในวิธีปฏิบัติการ)	0.621	57	1.089E-02		
รวม	0.914	59			

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความหนาแน่นของพรหมที่ทอด้วยปืนทอพรหมช่วงความเร็วรอบทั้งสามช่วง

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 2 พบว่าความเร็วรอบของปืนทอพรหมทั้งสามช่วงที่ใช้ผลิตพรหมทำให้ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นในการทอพรหมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงดำเนินการทดสอบว่าความหนาแน่นของพรหมที่ทอด้วยปืนทอพรหมช่วงความเร็วรอบคู่ใดบ้างมีความแตกต่างกัน โดยใช้การเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธีของ Duncan (เกษม, 2543) พบว่าความหนาแน่นของพรหมที่ทอด้วยปืนทอพรหมช่วงความเร็วรอบทั้งสามมีความแตกต่างกันทุกคู่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ดังนั้นเพื่อหาช่วงความเร็วรอบของปืนทอพรหมที่เหมาะสมในการทอพรหม จึงนำข้อมูลความหนาแน่นของพรหมมาเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นตามมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยการทดสอบ T-test (พรเทพ, 2545) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่

ช่วงความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ความหนาแน่นของพรมตามมาตรฐาน = 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร					
	t	Df	นัยสำคัญ (ทดสอบ 2 ด้าน)	ผลต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของความ หนาแน่นพรมที่ทอ กับค่ามาตรฐาน	ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ ความหนาแน่นพรมที่ทอกับ ค่ามาตรฐาน	
					พิกัดล่าง	พิกัดบน
800-1000	2.692	19	0.014	8.250E-02	1.835E-02	0.1467
1001-1200	0.356	19	0.726	6.500E-03	-3.1742E-02	4.474E-02
1201 ขึ้นไป	9.349	19	0.000	0.1775	0.1378	0.2172

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ T-test ของความหนาแน่นของพรมที่ทอด้วยปิ่นทอพรมแต่ละช่วงความเร็วรอบ เปรียบเทียบกับความหนาแน่นตามมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร

จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 พบว่าความหนาแน่นของพรมที่ทอด้วยปิ่นทอพรมช่วงความเร็วรอบ 1001-1200 รอบต่อนาที ไม่แตกต่างจากความหนาแน่นตามมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ความหนาแน่นของพรมที่ทอด้วยปิ่นทอพรมช่วงความเร็วรอบ 800-1000 รอบต่อนาที และ ปิ่นทอพรมช่วงความเร็วรอบ 1201 รอบต่อนาทีขึ้นไป มีความแตกต่างจากความหนาแน่นตามมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงสรุปว่า ช่วงความเร็วรอบของปิ่นทอพรมที่เหมาะสมในการทอพรมให้ได้ความหนาแน่นตามมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร คือปิ่นทอพรมที่มีช่วงความเร็วรอบ 1001-1200 รอบต่อนาที

ปัจจัยวิธีการควบคุมคุณภาพ

ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาใช้เครื่องมือทางสถิติช่วยในการควบคุมคุณภาพที่ไม่ค่อยเหมาะสม และเพียงพอ โดยมีเพียงใบตรวจสอบที่ใช้บันทึกผลการตรวจที่ได้จากการสุ่มตรวจพรมแต่ละผืน 2 ครั้ง ครั้งละ 3 ค่า ซึ่งจะบันทึกเส้นขอบของลวดลาย ชนิดของเส้นใย โทนสีของเส้นใย ความสูงของพรมที่ทอ และจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตรของการทอ แล้วสรุปผลการตรวจสอบว่า ผ่าน ไม่ผ่าน หรือ แก้ไข โดยไม่ได้นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงแก้ไขอย่างเป็นระบบ จึงทำให้การควบคุมคุณภาพยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นการวิจัยนี้จึงวิเคราะห์ข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยทดลองกับพรม 10 ผืน พบว่าเส้นขอบของลวดลาย ชนิดของเส้นใย โทนสีของเส้นใย และความสูงของพรมที่ทอ ไม่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นของพรม ส่วนจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความหนาแน่นของพรม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงเท่ากับ 0.927 ซึ่งแสดงว่าข้อมูลทั้งสองมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง (พรเทพ, 2545) จากนั้นจึงสร้างเครื่องมือควบคุมความหนาแน่นของพรมที่ทอเพื่อใช้ควบคุมกระบวนการทอพรม ซึ่งประกอบไปด้วย ใบตรวจสอบ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร โดยตรวจวัด

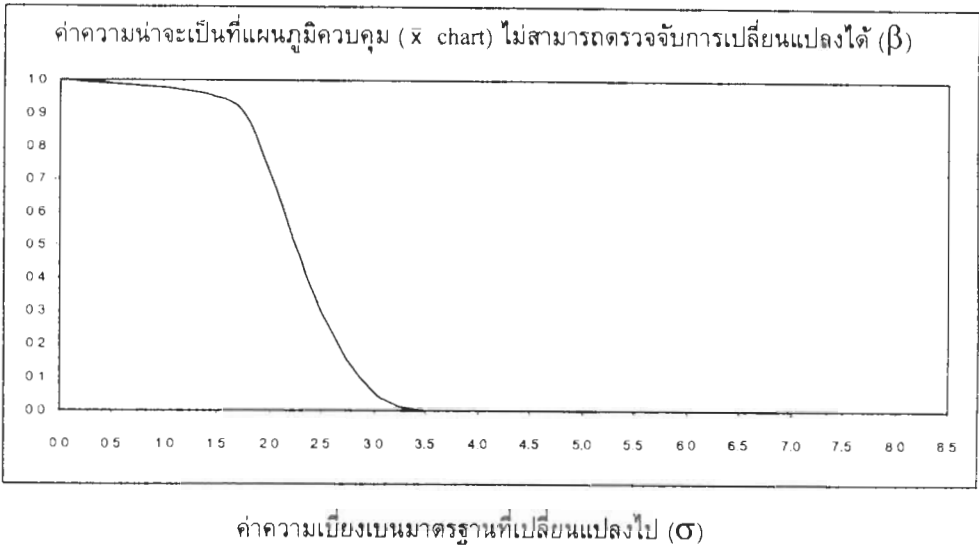
จำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ในแต่ละชั่วโมงที่ทำการทอพรหมแต่ละผืน จำนวน 5 ค่า แล้วนำค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยมาลงจุดในแผนภูมิควบคุมทั้งสอง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือควบคุมความหนาแน่นของพรหมในการทอพรหมแต่ละผืนในแต่ละชั่วโมง (พิชิต, 2543) ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ chart) ของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร มีเส้นกึ่งกลาง เส้นขีดจำกัดบน และเส้นขีดจำกัดล่าง คือ 12.91, 13.24 และ 12.58 ตามลำดับ สำหรับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R chart) ของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร มีเส้นกึ่งกลาง เส้นขีดจำกัดบน และเส้นขีดจำกัดล่าง คือ 0.58, 1.34 และ 0.00 ตามลำดับ

การวัดประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงกระบวนการของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$ chart) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R chart) ของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร จะใช้เส้นโค้งลักษณะเฉพาะการดำเนินงาน (Operating Characteristic Curve, OC-Curve) หาค่าความน่าจะเป็นที่แผนภูมิควบคุมทั้งสองไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ ดังแสดงในรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ตามลำดับ จากเส้นโค้งลักษณะเฉพาะการดำเนินงานของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่ระดับ 3σ (สามเท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนผีเข็มเฉลี่ยต่อความยาว 5 เซนติเมตร) พบว่าสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้เป็นอย่างดี โดยแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร มีความน่าจะเป็นที่ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการเท่ากับ 0.054 และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร มีความน่าจะเป็นที่ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าพิสัยของกระบวนการเท่ากับ 0.015

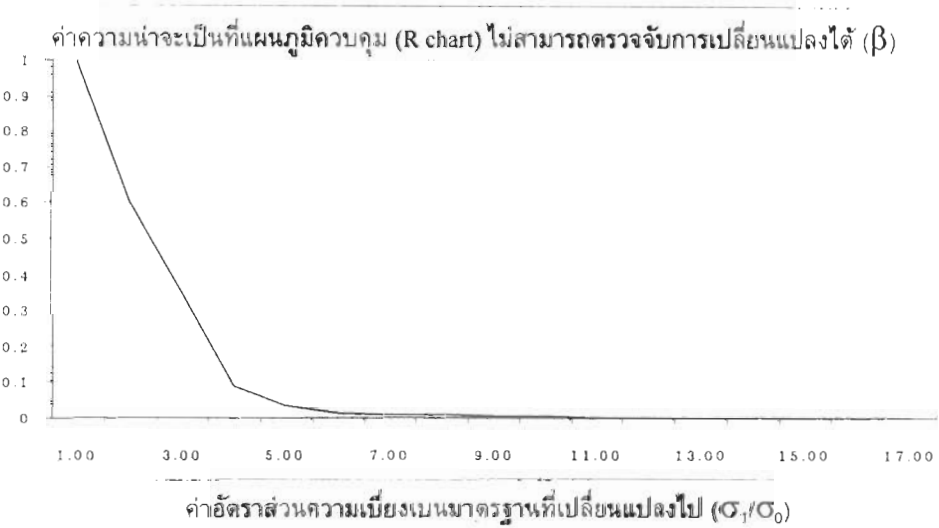
เลขที่ออเดอร์	I0407008	ทอ	คัท	เส้นไข	ชนสดำ
มาตรฐานการทอ	2.44 กิโลกรัม/ตารางเมตร	เริ่มทอ	8/13/2547	ใช้เส้นไขทั้งหมด	7.6 กก.
ปันทอพรหมเลขที่	46.014	ทอเสร็จ	8/17/2547	เบิกเพิ่ม	0 กก.

ความเร็วรอบของปั่น 1001-1200 รอบต่อนาที

	ชั่วโมงที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย
วัดครั้งที่	1	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13			
	2	13	13	12	13	13	13	13	13	14	13	13			
	3	13	13	13	13	13	12	13	13	13	13	13			
	4	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13			
	5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13			
	$\bar{x}$	13.0	13.0	12.8	13.0	13.0	12.8	13.0	13.0	13.2	13.0	13.0			
	R	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0			



รูปที่ 4 เส้นโค้งลักษณะเฉพาะการดำเนินงานของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร



เมื่อ σ_1 คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เปลี่ยนไปของจำนวนผีเข็มเฉลี่ยต่อความยาว 5 เซนติเมตร

σ_0 คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเดิมของจำนวนผีเข็มเฉลี่ยต่อความยาว 5 เซนติเมตร

รูปที่ 5 เส้นโค้งลักษณะเฉพาะการดำเนินงานของแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนผีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร

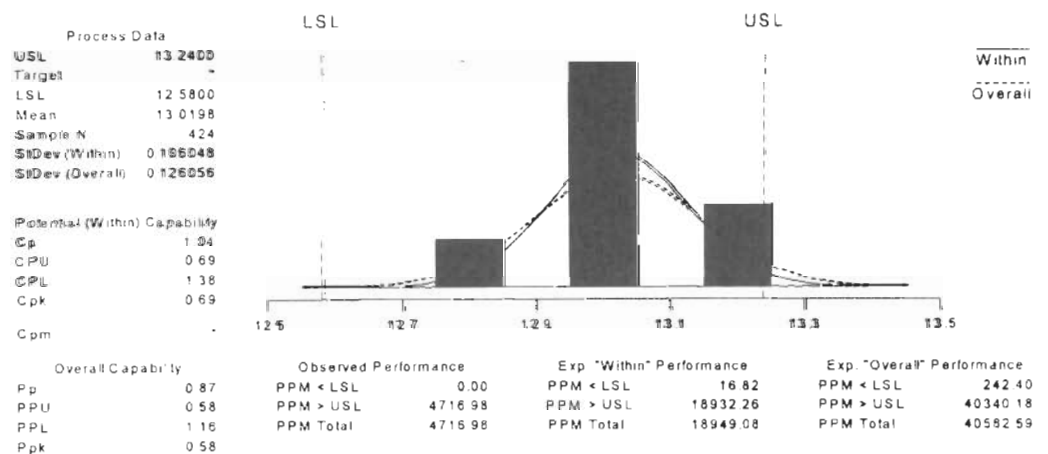
การทดลองและผลการศึกษา

การทดลองดำเนินการใช้ปิ่นทอพรมที่มีช่วงความเร็วรอบ 1001-1200 รอบต่อนาที ทอพรมที่มีความหนาแน่นมาตรฐานการผลิต 2.44 กิโลกรัมต่อตารางเมตร แล้วใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ที่สร้างขึ้นควบคุมกระบวนการทอ โดยวัดจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร จำนวน 5 ค่า ในพื้นที่พรมแต่ละผืนที่ผลิตได้ทุกๆ ชั่วโมงจากการผลิตพรมจำนวน 30 ผืน ซึ่งมีพื้นที่ในการทอพรม 165.86 ตารางเมตร โดยข้อมูลปริมาณเส้นใยที่ใช้ทั้งหมด เส้นใยที่สูญเสีย และ เส้นใยเฉลี่ยที่สูญเสียต่อตารางเมตร สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4 สำหรับความสามารถของกระบวนการ (อิศราวิทย์, 2545) ก่อนและหลังการปรับปรุงที่วิเคราะห์โดยโปรแกรม MINITAB จะแสดงดังรูปที่ 6 พบว่าความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุงมีค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process Capability Index , C_p) เท่ากับ 1.04 ซึ่งเป็นค่าที่ดีกว่าความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุงที่มีค่า C_p เท่ากับ 0.60 สำหรับค่าดัชนี C_{pk} ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงเท่ากับ 0.24 และ 0.69 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าความสามารถของกระบวนการดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนี C_{pk} น้อยกว่า 1 นั้นแสดงว่ากระบวนการยังไม่สามารถผลิตพรมให้เป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) โดยสมบูรณ์ ดังนั้นจึงต้องทำการควบคุมกระบวนการผลิตพรมอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง เพื่อลดการแปรเปลี่ยนของจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ซึ่งจะทำให้การผลิตพรมมีความหนาแน่นตามมาตรฐานที่กำหนดมากยิ่งขึ้น

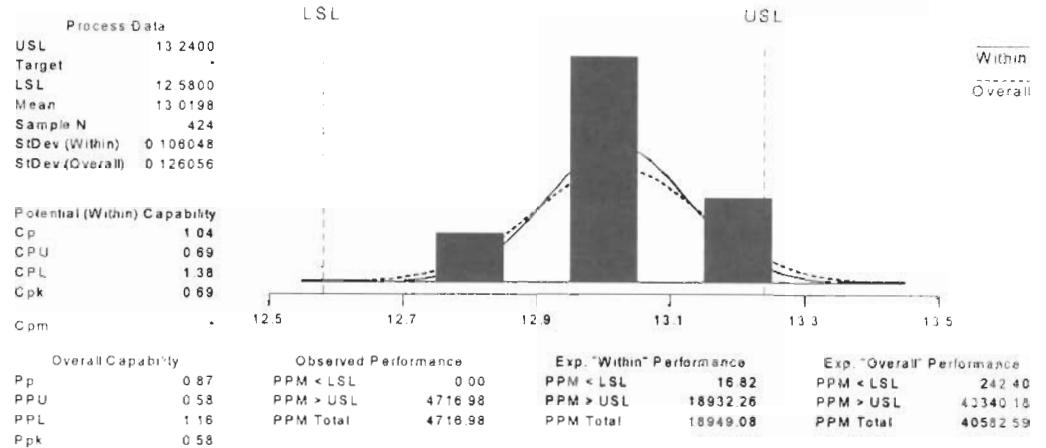
เส้นใยที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม)	เส้นใยที่สูญเสีย (กิโลกรัม)	พรมที่ทอได้ (ตารางเมตร)	การสูญเสียเส้นใยเฉลี่ยต่อตารางเมตร (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)
411.87	4.85	165.86	0.03

ตารางที่ 4 ผลการทดลองทอพรมด้วยปิ่นทอพรมที่มีช่วงความเร็วรอบ 1001-1200 รอบต่อนาที และใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร

Process Capability Analysis หลังการปรับปรุง



Process Capability Analysis หลังการปรับปรุง



รูปที่ 6 แสดงความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

บทสรุป

การวิเคราะห์หาสาเหตุความสูญเสียของเส้นใยที่เกิดขึ้นโดยใช้แผนภาพพาเรโต และ แผนภาพสาเหตุและผล พบว่าปัจจัยด้านความเร็วรอบของป็นทอพรหม และ ปัจจัยด้านจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ทำให้พรหมมีความหนาแน่นเกินมาตรฐานที่กำหนด ในการวิจัยนี้ได้ทดสอบปัจจัยด้านความเร็วรอบของป็นทอพรหมด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าช่วงความเร็วรอบที่เหมาะสมในการทอพรหมมีค่าอยู่ระหว่าง 1001-1200 รอบต่อนาที ส่วนการศึกษาปัจจัยด้านจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร โดยการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ พบว่าจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตรมีผลต่อความหนาแน่นของพรหมที่ทอ จากนั้นได้สร้างเครื่องมือควบคุมความหนาแน่นของพรหมในการทอซึ่งประกอบด้วย ไบโตรวสอบ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร ซึ่งแผนภูมิควบคุมทั้งสองมีประสิทธิภาพตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้เป็นอย่างดี โดยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่ระดับ 3σ พบว่าแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยที่สร้างขึ้นนั้นมีความน่าจะเป็นที่ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้เท่ากับ 0.054 และ 0.015 ตามลำดับ

จากวิธีการควบคุมคุณภาพแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งมีเพียงไบโตรวสอบ พบว่าเกิดความสูญเสียของเส้นใย 0.05 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หลังจากดำเนินการควบคุมคุณภาพตามรูปแบบใหม่ คือใช้ป็นทอพรหมที่มีความเร็วรอบระหว่าง 1001-1200 รอบต่อนาที และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมค่าพิสัยของจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร พบว่าสามารถลดความสูญเสียของเส้นใยให้เหลือเพียง 0.03 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือลดความสูญเสียของเส้นใยลงจากเดิมร้อยละ 40

อีกทั้งการควบคุมคุณภาพตามรูปแบบใหม่ยังทำให้กระบวนการมีความเสถียรมากขึ้น และความสามารถของกระบวนการดีขึ้นอยู่ในระดับพอใช้ (Bothe, 1997) โดยมีค่า C_p เท่ากับ 1.04 และค่าอัตราส่วนความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process Capability Ratio, C_R) เท่ากับ 0.96 ส่วนวิธีการควบคุมคุณภาพแบบเดิมมีความสามารถของกระบวนการอยู่ในระดับแย่มาก โดยมีค่า C_p เท่ากับ 0.60 และ ค่า C_R เท่ากับ 1.67 อย่างไรก็ตามแม้ว่าความสามารถของกระบวนการหลังการปรับปรุงจะดีขึ้น โรงงานกรณีศึกษา ควรมีการควบคุมปัจจัยด้านความเร็วรอบของปั่นทอพรมและจำนวนฝีเข็มต่อความยาว 5 เซนติเมตร โดยสม่ำเสมอจะทำให้ค่าความแปรปรวนรวมและค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มของกระบวนการลดลง ซึ่งส่งผลให้ความสามารถของกระบวนการเพิ่มขึ้น (เจริญ, 2547)

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. Number of production worker [ออนไลน์] 2546 [อ้างเมื่อ 12 มกราคม 2547]. จาก <http://www.thaitextile.org/statistic>.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2540. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- เกษม สหายทิพย์. 2543. ระเบียบวิธีวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. นครสวรรค์: ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- เจริญ สุนทรวาณิชย์. 2547. แนวทางการลดความผันแปรของน้ำหนักไอศกรีมโดยแยกองค์ประกอบของความผันแปร. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมครั้งที่ 13; 20-22 ตุลาคม 2547: หน้า 1245-1252. เชียงใหม่.
- พรเทพ ขอบฉายเกียรติ. 2545. ความน่าจะเป็นและสถิติวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 7. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิชิต สุขเจริญพงษ์. 2543. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2518. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวิธีทดสอบสิ่งทอ เล่ม 1-25. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- วิฑูรย์ สิมะโชติ. 2541. 7 New QC Tools เครื่องมือคุณภาพยุคใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: TPA Publishing.
- อิสราวิทย์ เชาว์พานิช. 2545. การใช้เครื่องมือทางสถิติเพื่อปรับปรุงสมรรถนะการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานประกอบโซ่. ในเอกสารประกอบการประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี 2545; 24-25 ตุลาคม 2545: หน้า 935-942. กาญจนบุรี.
- Bothe D. K.. 1997. *Measuring process capability*. New York: Mcgraw-Hill.