

## การปรับปรุงคุณภาพเยื่อกระดาษในกระบวนการผลิตแผ่นฝ้าด้วยวิธีทากูชิ

## Pulp Quality Improvement for Ceiling Board Manufacturing by Taguchi Method

วิไลทิพย์ พันโยธา<sup>1\*</sup> และ กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์<sup>2</sup><sup>1</sup>สาขาการจัดการเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ<sup>2</sup>สาขาการจัดการเทคโนโลยีวิศวกรรม คณะวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1518 เขตบางซื่อ แขวงวงศ์สว่าง กรุงเทพมหานคร 10800

\*Email : vilaitip.p@gmail.com โทร 0-2555-2000 ต่อ 6330

## บทคัดย่อ

เยื่อกระดาษเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตแผ่นฝ้า ซึ่งในปัจจุบันเยื่อกระดาษมีราคาสูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อเยื่อกระดาษ และลดต้นทุนในการผลิตแผ่นฝ้า จากการศึกษาระบบการเตรียมเยื่อกระดาษ ผู้วิจัยมุ่งเน้นเครื่องกำหนดคุณภาพทั้ง 3 เครื่อง เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่กำหนดคุณภาพของเยื่อกระดาษให้ได้คุณภาพตามความเหมาะสม โดยมีปัจจัยควบคุมได้ทั้งหมด 6 ปัจจัยหลักได้แก่ ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่1 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่2 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่3 ค่าอัตราการไหลของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่1 ค่าอัตราการไหลของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่2 และค่าอัตราการไหลของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่3 ซึ่งแต่ละปัจจัยมีปัจจัยละ 3 ระดับ ผู้วิจัยจึงใช้การออกแบบการทดลองด้วยวิธีทากูชิ รูปแบบบอธกอนอลอะเรย์ L18 เพื่อลดจำนวนการทดลอง และวิเคราะห์คุณภาพเยื่อกระดาษจากผลตอบสนองได้แก่ค่าความแข็งแรง ค่าความยาวและการฉีกขาดของเยื่อกระดาษ จากการทดลองพบว่า ปัจจัยทุกปัจจัยล้วนมีอิทธิพลต่อผลตอบสนอง เมื่อทดลองปรับเปลี่ยนค่าของตัวแปรแต่ละตัวตามผลที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น จะได้ค่าผลตอบสนองที่มีคุณภาพ อีกทั้งยังสามารถลดเวลาและพลังงานในกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษได้อีกด้วย

คำสำคัญ : เยื่อกระดาษ, การออกแบบการทดลอง, อัตราการไหล, กำลังไฟฟ้า

## Abstract

Paper pulp is the main mixture in the ceiling board production. Since at present the paper pulp has higher price, this thesis had the objectives to find the factors affecting the paper pulp and to reduce the capital cost of the ceiling board production. From the study of the paper pulp preparation process, the researchers emphasized on 3 quality-determining machines, since they did it to get the quality as suitable. There were 6 main control factors - electrical power value of the first quality-determining machine, of the second machine and of the third machine; pulp flowing rate value of the first, of the second and of the third quality determining machine. Each factor had 3 levels. The researchers used the design of the experiments with Taguchi method, Orthogonal Array L18, to reduce the number of the experiments and the analysis of the paper pulp quality from the response results - strength, length and the tearing value of the paper pulp. From the experiments, it was found that every factor had the influence to the response result. When the experiment was made for adjusting each variable value according the analysis result, the qualitative response result was obtained and it could reduce time and energy in the paper pulp preparation process.

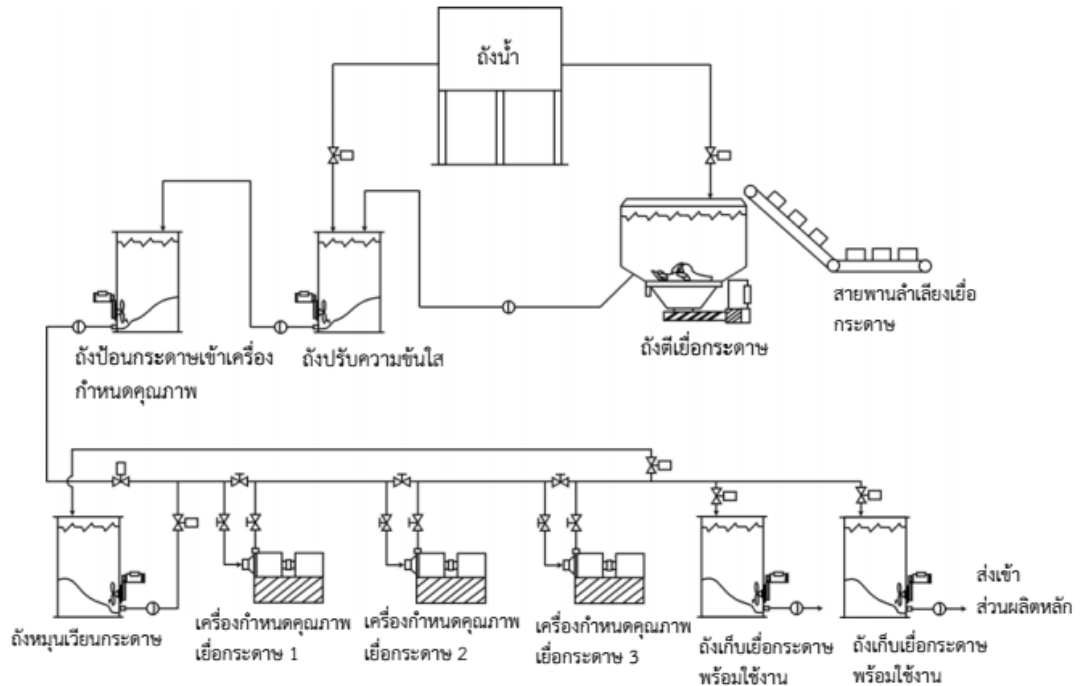
Keywords : Paper Pulp, the Experiment Design, Flow Rate, Electrical Power

### 1. บทนำ

จากข้อมูลการผลิตแผ่นผ้าในปัจจุบันมีการใช้เยื่อกระดาษที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ คือ ประเทศแคนาดาและประเทศชิลี เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นผ้า (แผ่นผ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมและมีปริมาณการนำไปใช้งานเป็นจำนวนมาก) ซึ่งแต่ละปีมีการนำเข้าเยื่อกระดาษเพิ่มมากขึ้น นับได้ว่า เป็นค่าใช้จ่ายที่สูงมาก เยื่อกระดาษที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแผ่นผ้า นั้น เป็นเยื่อกระดาษที่ได้มาจากเยื่อไม้ชนิดเยื่อใยยาว (Long Fiber Pulp) เส้นใยมีความยาว 3-5 มิลลิเมตร ซึ่งได้มาจากไม้เนื้ออ่อน เช่น สนสองใบ สนสามใบ ซึ่งมีอยู่ในต่างประเทศ การผลิตเยื่อกระดาษเยื่อใยยาวนี้ส่วนใหญ่จะผลิตจากกระบวนการทางเคมี มีทั้งเยื่อชนิดฟอกขาวและ ชนิดไม่ฟอกขาว การผลิตกระดาษจะนำเอาเยื่อใยยาวมาผสมกับเยื่อใบสั้นเพื่อทำให้กระดาษมีความเหนียวเพิ่มขึ้น เมื่อเยื่อกระดาษนำไปผสมกับผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์ซีเมนต์แล้ว จะทำให้เยื่อกระดาษมีคุณสมบัติในการเกาะยึดเนื้อ ของปูนซีเมนต์มากขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ไฟเบอร์ซีเมนต์มีความเหนียว และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาข้อมูลในปัจจุบันของโรงงาน พบว่า ในกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษ ประกอบไปด้วย กระบวนการตีเยื่อกระดาษ ปรับความชื้นกระดาษ ป้อนกระดาษเข้าเครื่อง กำหนดคุณภาพ เครื่องกำหนด คุณภาพเยื่อกระดาษจำนวน 3 เครื่อง และกึ่งเก็บเยื่อกระดาษพร้อมใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเครื่องกำหนด คุณภาพเยื่อกระดาษจะมีผลโดยตรงและเป็นสิ่งจำเป็นที่ส่งผลต่อคุณภาพเยื่อกระดาษ

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อเยื่อกระดาษและลดต้นทุนในการผลิตแผ่นผ้า ซึ่งจะทำการศึกษาในกระบวนการกำหนดคุณภาพเยื่อกระดาษและทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีทางทฤษฎีรูปแบบอริโกะ กอนอลอะเรย์ L18 (Taguchi Method) เพื่อหาค่าของตัวแปรที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งพิจารณาผลตอบสนองจากค่าความแข็งแรง ค่าความยาวและค่าการฉีกขาดของเยื่อกระดาษ



รูปที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษ

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การออกแบบการทดลองด้วยวิธีทาคุชิ (Taguchi Method)

วิธีทาคุชิ เป็นการออกแบบการทดลองชนิดหนึ่งในการประยุกต์การออกแบบการทดลองปัจจัยควบคุมได้ โดยทำการปรับปัจจัยควบคุมได้ (control factor) เพื่อศึกษาหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการ วิธีทาคุชิ เป็นที่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการสร้างคุณภาพให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าคุณภาพจะลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนของสิ่งแวดล้อม ดังนั้นวิธีของทาคุชิพยายามทำให้กระบวนการทำงานได้ตามที่ถูก ออกแบบโดยไม่มีผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมหรือการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน [1] มีขั้นตอนการออกแบบดังนี้

1. ทำความเข้าใจถึงปัญหา ทำความเข้าใจว่าอะไรที่เป็นปัญหาและวัตถุประสงค์ของการทดลอง
2. กำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยในการทดลอง เลือกตามวัตถุประสงค์ และความเหมาะสมของการทดลอง

3. เลือกคอลัมน์ของการจัดเรียงแบบออร์ทogonal การเลือกการจัดเรียงแบบออร์ทogonalเป็นตารางกำหนดค่า ระดับการทดลองที่มีแน่นอนเป็นจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง และแนวตั้งเป็นตัวแปรที่จะกำหนดให้ การนำ Orthogonal Array มาตราฐานไปใช้งานขึ้นอยู่กับระดับปัจจัยและจำนวนปัจจัยในการทดลองของแต่ละการทดลอง ซึ่งตารางออร์ทogonalจะเรี่ยนั้นช่วยลดจำนวนการทดลองทำให้ประหยัดต้นทุนและลดเวลาในการทดลอง

4. ทำการทดลองตามแผนการทดลองทาคุชิ
5. วิเคราะห์ผลการทดลองด้วยหลักทางสถิติ

### 2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

2.2.1 วิเคราะห์ค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน (S/N-Ratio) ผลการทดลองดิบจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของ S/N-Ratio ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสิ่งรบกวน ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดประสิทธิภาพของกระบวนการ ร่วมกันระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าแปรผัน จึงได้ค่าที่เหมาะสมโดยลดความแปรผันของกระบวนการ ซึ่งมีความสำคัญ เป็นอย่างมาก [1] ในการหาเป้าหมายที่ต้องการเพื่อหาค่าที่ดีที่สุด (optimize) แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้ ค่า S/N ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี (Small-is-Better) ดังสมการที่(1)

$$S/N_S = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (1)$$

ค่า S/N ค่ายิ่งมากยิ่งดี (Large-is-Better) ดังสมการที่(2)

$$S/N_L = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2)$$

ค่า S/N ตรงตามเป้าหมายยิ่งดี (Target-Value-is-Best) ดังสมการที่(3)

$$S/N_N = 10 \log \left( \frac{y^{-2}}{S^2} \right) \quad (3)$$

2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน(Analysis of Variance : Anova) เป็นวิธีการพื้นฐานทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการออกแบบการทดลอง โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าตอบสนอง หรือลักษณะทางคุณภาพสนใจศึกษาหรือปรับปรุงของผลิตภัณฑ์จากระบบหรือกระบวนการในการวิเคราะห์ นั้นจะนำเอาระดับปัจจัยมาพิจารณาควบคู่กับค่า S/N Ratio ซึ่งหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะพิจารณาค่า F-Ratio ถ้า F-Ratio มีค่ามากกว่าค่า Fวิกฤติ แสดงว่าปัจจัยนั้น ๆ มีผลกระทบหรือมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม ใน ขณะเดียวกันโปรแกรมสำเร็จสามารถคำนวณค่า P-value ซึ่งสามารถ

เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาว่าปัจจัยนั้น ๆ มีผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ โดยมีหลักในการพิจารณาถ่วงคือในกรณีนี้ค่า P-value มีค่าน้อยกว่าค่าAlpha ที่ กำหนดไว้ อย่างเช่นค่าAlpha = 0.05 แสดงว่าปัจจัยนั้น ๆ มีอิทธิพลหรือมีผลต่อตัวแปรตาม[2]

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาโดยใช้หลักการและเหตุผลที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพใน กระบวนการ ผลิต หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆ และการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองตามหลักการทากูชิ ซึ่งมีผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

เปมิกา (2548) ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตเพอร์นิเจอร์ไม้ พบของเสียที่เกิดจากการพ่นสีเป็นผิวสัมผัส ไม่ได้มาตรฐาน จึงมีการศึกษาเพื่อหาสาระดับปัจจัยที่เหมาะสมของการพ่นสีที่ทำให้เกิดของเสียสีเป็นผิวสัมผัสน้อย ที่สุดโดยใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง พบว่ามีปัจจัย 5 ปัจจัย ออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิค ของทากูชิ พบว่า ความหนืดสี และแรงดันลม มีอิทธิพลต่อการปัญหาสีเป็นผิวสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $\alpha = 0.05$  และเมื่อนำปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการทดลองมาทำการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3 ระดับ เพื่อหา ระดับปัจจัยที่เหมาะสมด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง จะได้ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมของความหนืดและแรงดันลม [5] เช่นเดียวกับ โสภิตา (2550) ได้ทำการศึกษา กระบวนการผลิตพลาสติกพีวีซีแผ่นซึ่งมีปริมาณของเสียประเภท เม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงศึกษาเพื่อลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการ ตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิว ผลิตภัณฑ์ โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดเม็ดพีวีซีไม่ หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ และเพื่อหา สภาวะที่เหมาะสมด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง ผลจากการวิเคราะห์ทาง สถิติ พบว่า ที่อุณหภูมิในการหลอม PVC Compound ที่ Mixing Rolls 180 องศาเซลเซียส และปริมาณเศษพีวีซี แผ่นที่นำ กลับมาหลอมใหม่ที่ Mixing Rolls 30 กิโลกรัม/Batch จะทำให้ค่าจำนวนจุดบกพร่องประเภทเม็ดพีวีซี ไม่หลอมละลายที่ เกิดขึ้นบนผิว ผลิตภัณฑ์ 1 ตารางเมตร อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือ ไม่เกิน 10 จุดต่อตารางเมตร[6] จากนั้นคมพันธ์ (2554) ได้ ทำการศึกษาการกลึงชิ้นงานด้วยเครื่องกลึงอัตโนมัติ (CNC Lathe) พบปัญหาในเรื่องของการกำหนดเงื่อนไข ในการกลึง งาน (Cutting Parameters) ที่ไม่ถูกต้อง เช่น ความเร็วตัด อัตราป้อนและระยะป้อนลึก ทำให้ไม่สามารถ พยากรณ์คุณภาพ ชิ้นงานที่เกิดจากการกำหนดอายุการใช้งานของเม็ดเม็ดได้ ดังนั้นจึงศึกษาเพื่อหาเงื่อนไขการกลึง งานที่เหมาะสมสำหรับ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางด้วยเม็ดกลึงประเภทคาร์ไบด์ โดยเก็บข้อมูลการกลึงงานแล้วใช้ เทคนิคการวิเคราะห์ตามวิธีการ ทากูชิ รูปแบบ Orthogonal Array L9 วิเคราะห์ร่วมกับวิธีการพื้นผิวตอบสนอง เพื่อให้ ได้ค่าความกลมและค่าความตรงที่ดีที่สุด [7]

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำการออกแบบการทดลองมาประยุกต์ใช้ใน โรงงาน กรณีศึกษา โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ ซึ่งประกอบด้วย 6 ปัจจัย เพื่อหาปัจจัยที่ เหมาะสมให้กับโรงงาน กรณีศึกษาดังแสดงในหัวข้อต่อไป

### 3. วิธีดำเนินการทดลอง

#### 3.1 ศึกษากระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษในปัจจุบัน

ปัจจุบันกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน 1. สำเสียงเยื่อกระดาษเพื่อเข้าสู่ ถังตีเยื่อกระดาษ 2. ปรับความชื้นของเยื่อกระดาษให้ได้ค่าความชื้นที่ที่กำหนดคือ 3.75% 3. ป้อนกระดาษเข้าเครื่อง กำหนดคุณภาพทั้ง 3 เครื่อง 4. ป้อนเยื่อกระดาษที่ผ่านเครื่องกำหนดคุณภาพในรอบแรกเข้าถังหมุนเรียงกระดาษ เพื่อผ่านเข้าเครื่อง กำหนดคุณภาพอีกครั้ง เนื่องจากเยื่อกระดาษที่ผ่านเครื่องกำหนดคุณภาพในรอบแรกยังไม่ได้ คุณภาพตามที่ต้องการ 5. เมื่อได้ เยื่อกระดาษที่ได้คุณภาพแล้วจะถูกเก็บไว้ในถังเก็บเยื่อเพื่อใช้งานในการผลิตต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 1 จากการศึกษา กระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษพบว่า ขั้นตอนการกำหนดคุณภาพได้มีสมการ สำหรับหาค่าพลังงานเฉพาะของเครื่อง กำหนดคุณภาพ ดังสมการที่(4) ซึ่งค่าพลังงานนี้จะแสดงถึงการใช้พลังงาน ในแต่ละครั้งที่เครื่องกำหนดคุณภาพทำงาน

$$SEC = \frac{P - P_n}{C_s \times F \times K} \quad (4)$$

เมื่อ SEC = Specific energy measurement [KWh/t]

Pm = Power measurement [KW]

Po = No load power with water [KW]

Cs = Feed consistency

F = Forward stock flow [lite/sec]

F = factor

ในการออกแบบการทดลองนั้นผู้วิจัยจะเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ แผนภูมิแก่งปลา และหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษ ผลลัพธ์ที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพเยื่อกระดาษนั้นจะพิจารณาจาก ค่า ความแข็งแรงของเยื่อกระดาษ X (Fiber strength) ความยาวของเยื่อกระดาษ Y (Fiber length) และค่าการฉีกขาดของเยื่อกระดาษ Z (Fiber Bonding)

### 3.2 กำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยในการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาปัจจัย ผู้วิจัยพิจารณาจากข้อมูลเบื้องต้นจากโรงงานกรณีศึกษา ผู้มี ประสบการณ์และ พนักงานพบว่า มีปัจจัยทั้งหมด 6 ปัจจัย ปัจจัยละ 3 ระดับ ซึ่งระดับของปัจจัยนั้นกำหนดช่วงจากค่าที่สามารถ ปรับตั้งได้จริง ค่าที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 1 ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการออกแบบการทดลองด้วยวิทาทุชิ เพื่อลด จำนวนครั้งในการทดลอง ซึ่งวิทาทุชิ จะมีจำนวนการทดลอง 18 การทดลอง จะได้แผนการทดลองที่เหมาะสม ตามตารางแนวฉากมาตรฐาน (Standard Orthogonal Array) F18 ดังแสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับปัจจัยในการทดลอง

ปัจจัย	ปัจจัยการลดต้นทุนเยื่อกระดาษ	ระดับ			หน่วย
		1	2	3	
Pm1 (A)	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่ 1	60	150	-	KW
Pm2 (B)	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่ 2	60	150	250	KW
Pm3 (C)	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่ 3	60	150	250	KW
F1 (D)	อัตราการไหลของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่ 1	15	23	30	Liter/sec
F2 (E)	อัตราการไหลของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่ 2	15	23	30	Liter/sec
F3 (F)	อัตราการไหลของเครื่องกำหนดคุณภาพเครื่องที่ 3	15	23	30	Liter/sec

### 3.3 ทำการทดลองตามแผนการทดลองวิทาทุชิ Orthogonal Array F18

ในการทดลองแต่ละครั้ง จะปรับตั้งเครื่องกำหนดคุณภาพในแต่ละปัจจัยตามตารางการทดลอง โดยเริ่ม จากการทดลองที่ 1 2 3 จนถึงการทดลองที่ 18 ตามลำดับ เมื่อเยื่อกระดาษผ่านเครื่องกำหนดคุณภาพในรอบแรก ของแต่ละการทดลอง จะทำการเก็บตัวอย่างเยื่อกระดาษ นำส่งห้องทดลองและปฏิบัติการเพื่อตรวจวัดค่าความ แข็งแรง ความยาวและการฉีกขาดของเยื่อกระดาษ เนื่องจาก เยื่อกระดาษที่ใช้ในการทดลองมี ราคาสูง ผู้วิจัยจึงทำ การทดลองแต่ละการทดลองเพียงครั้งเดียว

ตารางที่ 2 การทดลองที่เหมาะสม Orthogonal Array F18

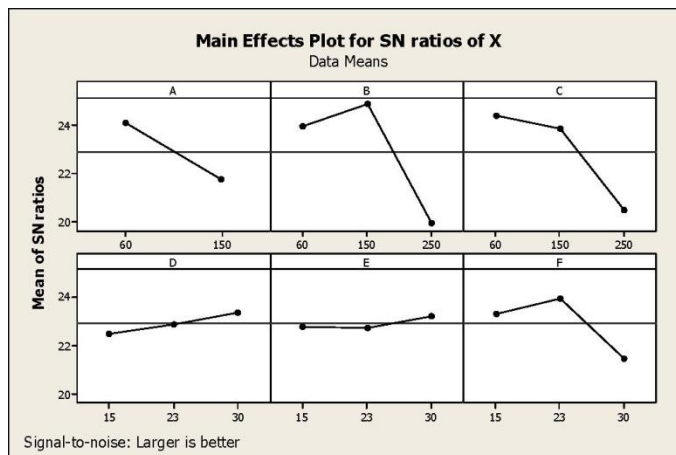
Ex	A	B	C	D	E	F
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2
5	1	2	2	2	3	3
6	1	2	3	3	1	1
7	1	3	1	2	1	3
8	1	3	2	3	2	1
9	2	3	3	1	3	2
10	2	1	1	3	3	2
11	2	1	2	1	1	3
12	2	1	3	2	2	1
13	2	2	1	2	3	1
14	2	2	2	3	1	2
15	2	2	3	1	2	3
16	2	3	1	3	2	3
17	2	3	2	1	3	1
18	2	3	3	2	1	2

#### 4. ผลการทดลอง

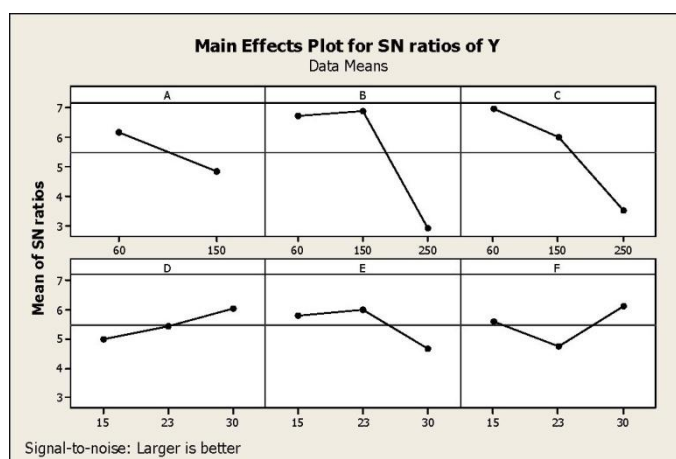
ในการวิเคราะห์ผลการทดลองของงานวิจัยนี้ จะวิเคราะห์ผลการทดลอง 2 ส่วนคือ 1. วิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนสัญญาณต่อสิ่งรบกวน 2. วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Anova) เพื่อหาผลกระทบของปัจจัยที่ทำการทดลอง

##### 4.1 วิเคราะห์ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสิ่งรบกวน (S/N-Ratio)

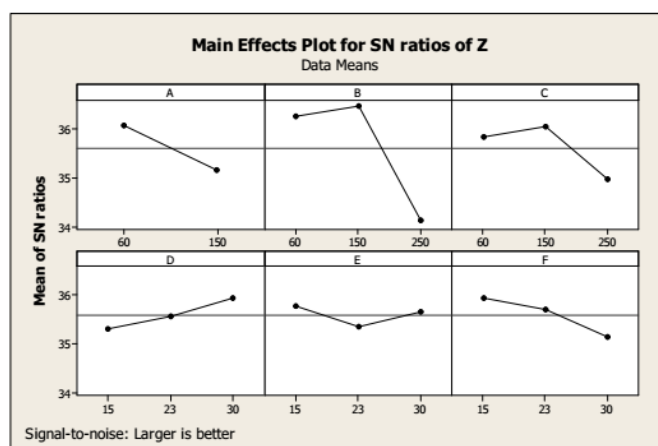
ในการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนของสัญญาณต่อสิ่งรบกวน จะนำค่าผลการทดลองดิบที่ได้ มาคำนวณจากค่า ยิ่งมากยิ่งดี จากสมการที่ (2) เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย กราฟที่ได้ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูปที่ 2 กราฟตัวแปรที่มีผลต่อค่าอัตราส่วนสัญญาณของค่าความแข็งแรง



รูปที่ 3 กราฟตัวแปรที่มีผลต่อค่าอัตราส่วนสัญญาณของค่าความยาว



รูปที่ 4 กราฟตัวแปรที่มีผลต่อค่าอัตราส่วนสัญญาณของค่าการฉีกขาด

จากการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนสัญญาณรูปที่ 2 พบว่าหากต้องการได้คุณภาพเยื่อกระดาษที่มีค่าความ แข็งแรงมาก ควรกำหนดค่า Pm1 ระดับที่ 1 คือ 60 KW, Pm2 ระดับที่ 2 คือ 150 KW, Pm3 ระดับที่ 1 คือ 60 KW, F1, F2 ระดับที่ 3 คือ

30 Liter/sec และ F3 ระดับที่ 2 คือ 25 Liter/sec หากต้องการได้คุณภาพเยื่อ กระดาษที่มีค่าความยาวมากควรกำหนดค่า Pm1 ระดับที่ 1 คือ 60 KW, Pm2 ระดับที่ 2 คือ 150 KW Pm3 ระดับที่ 1 คือ 60 KW, F1 ระดับที่ 3 คือ 30 Liter/sec, F2 ระดับที่ 2 คือ 25 Liter/sec และ F3 ระดับที่ 3 คือ 30 Liter/sec ดังรูปที่ 3 หากต้องการได้คุณภาพเยื่อกระดาษที่มีค่าการ ฉีกขาดมากควรกำหนดค่า Pm1 ระดับที่ 1 คือ 60 KW, Pm2 ระดับที่ 2 คือ 150 KW Pm3 ระดับที่ 2 คือ 150 KW, F1 ระดับที่ 3 คือ 30 Liter/sec, F2 และ F3 ระดับที่ 1 คือ 15 Liter/sec

#### 4.2 วิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยที่ทำการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการทดลอง โดยจะคำนวณค่า P-value เปรียบเทียบกับค่า Alpha ในงานวิจัยนี้กำหนด Alpha = 0.05 ซึ่งค่า P-value ที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะมีผลกระทบ กับ ผลตอบสนอง จากรูปที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งแรง พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ ปัจจัย B รองลงมาคือปัจจัย C การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความยาว ในรูปที่ 6 พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ ปัจจัย B รองลงมาคือปัจจัย C ส่วนในรูปที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการฉีก ขาด พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบ มากที่สุดคือปัจจัย B รองลงมาคือปัจจัย C

Analysis of Variance for SNRA1, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	24.590	24.590	24.590	2.67	0.153
B	2	81.378	81.378	40.689	4.41	0.066
C	2	52.777	52.777	26.388	2.86	0.134
D	2	2.209	2.209	1.104	0.12	0.889
E	2	0.829	0.829	0.414	0.04	0.956
F	2	19.837	19.837	9.918	1.08	0.399
Error	6	55.297	55.297	9.216		
Total	17	236.917				

S = 3.03581 R-Sq = 76.66% R-Sq(adj) = 33.87%

รูปที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความแข็งแรง

Analysis of Variance for SNRA2, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	7.865	7.865	7.865	9.64	0.021
B	2	60.833	60.833	30.416	37.29	0.000
C	2	37.890	37.890	18.945	23.23	0.001
D	2	3.370	3.370	1.685	2.07	0.208
E	2	6.014	6.014	3.007	3.69	0.090
F	2	5.475	5.475	2.738	3.36	0.105
Error	6	4.894	4.894	0.816		
Total	17	126.340				

S = 0.903137 R-Sq = 96.13% R-Sq(adj) = 89.02%

รูปที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความยาว

## Analysis of Variance for SNRA3, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	3.5918	3.5918	3.5918	23.46	0.003
B	2	19.9719	19.9719	9.9860	65.23	0.000
C	2	3.7797	3.7797	1.8898	12.35	0.007
D	2	1.1776	1.1776	0.5888	3.85	0.084
E	2	0.5723	0.5723	0.2862	1.87	0.234
F	2	1.9417	1.9417	0.9709	6.34	0.033
Error	6	0.9185	0.9185	0.1531		
Total	17	31.9535				

S = 0.391255 R-Sq = 97.13% R-Sq(adj) = 91.86%

รูปที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการฉีกขาด

## 5. สรุป

งานวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองด้วยวิธีทาทุติ เพื่อหาค่าปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรง ความยาวและการฉีกขาด และลดต้นทุนในการผลิตแผ่นผ้า จากการทดลองพบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรเครื่องที่ 2 มีอิทธิพลต่อค่าความแข็งแรง ความยาวและการฉีกขาดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $\alpha = 0.05$  มากที่สุด ในการทดลอง ได้ทำการหา ปัจจัยที่เหมาะสมจากการปรับเปลี่ยนค่าระดับของ ปัจจัย พบว่าเยื่อกระดาษที่ไหลผ่านเครื่องกำหนดคุณภาพเพียง 1 รอบ จะได้คุณภาพเยื่อกระดาษได้แก่ค่าความแข็งแรง ความยาว และการฉีกขาดของเยื่อกระดาษ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังสามารถลดพลังงาน ลดต้นทุนและเวลาในกระบวนการเตรียมเยื่อกระดาษได้

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Genichi Taguchi, Subir Chowdhury and Yui, (2005). Taguchi's quality engineering handbook, The United States of America, Johnson Wiley & Sons, Inc.
- [2] D.c. Montgomery, (2013). Design and Analysis of Experiments, 8th ed., the United States of America, Johnson Wiley & Sons, Inc.
- [3] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และพงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์ (2551). การออกแบบและวิเคราะห์ การทดลอง:บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2545). สถิติสำหรับงานวิศวกรรม, กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- [5] เปรมิกา สุวรรณมณี (2548). การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการพ่นสี เฟอร์นิเจอร์ไม้โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [6] โสภิตา ท่วมมี (2550). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การ ออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาบริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ นครเหนือ
- [7] คมพันธ์ ชมสมุทร (2555). การศึกษาเงื่อนไขการตัดที่ส่งผลต่อคุณภาพ ชิ้นงานและอายุการใช้งานเม็ดเม็ด ด้วยวิธีทาทุติและพื้นผิวตอบสนอง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- [8] อรจิตร แจ่มแสง , ปิยะวรรณ สุนาสวน , นิวัฒน์ มูแกม (2558). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความต้านทานแรงเฉือนระหว่างเหล็กกล้าไร้สนิมและโลหะบัดกรีไร้สารตะกั่ว , วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี), 14, กรกฎาคม - ธันวาคม 2558