การใช้โปรแกรมมินิแทบเพื่อออกแบบการทดลอง

อุดมพงษ์ เกศศรีพงษ์ศา[1]

[1]อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

บทคัดย่อ : การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments : DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-Time) จะให้ผลตอบเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่เราต้องการได้ช้า และ สิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลจำนวนมาก และยังไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการที่เกิดอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงเป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีสำหรับการทดลอง ดังนั้นจึงได้มีโปรแกรม Minitab เข้ามามีบทบาทสำหรับผู้ใช้สถิติในส่วนของการประมวลผลและการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของตัวเลขและผลในลักษณะของกราฟ ช่วยวิเคราะห์การผลลองให้หาคำตอบได้ง่ายขึ้นเที่ยงตรง แม่นยำจึงเหมาะสำหรับการออกแบบการทดลอง

คำสำคัญ : ออกแบบการทดลอง , มินิแทบ , ออกแบบส่วนประสมกลาง , พื้นที่ผิวผลตอบ

1. บทนำ

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสม สามารถนำไปวิเคราะห์ทางสถิติหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้การออกแบบการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นหากต้องการข้อสรุปที่มีความหมายจากที่มีอยู่ ยิ่งถ้าเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลองด้วยแล้ววิธีทางสถิติเป็นวิธีเดียวที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการสำหรับการทดลอง คือการออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ทั้งสองนี้เกี่ยวข้องและสืบเนื่องต่อกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่นำมาใช้บทบาทสำหรับผู้ใช้สถิติในส่วนของการประมวลผลและการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของตัวเลขและผลในลักษณะของกราฟ โดยโปรแกรม Minitab นั้นช่วยในด้านความซับซ้อนของข้อมูลในการประมวลผล และทำให้ข้อมูลความเที่ยงตรงและแม่นยำ สำหรับการประมวลผล ทำให้ข้อมูลมีความรวดเร็วและสามารถในการทำซ้ำได้

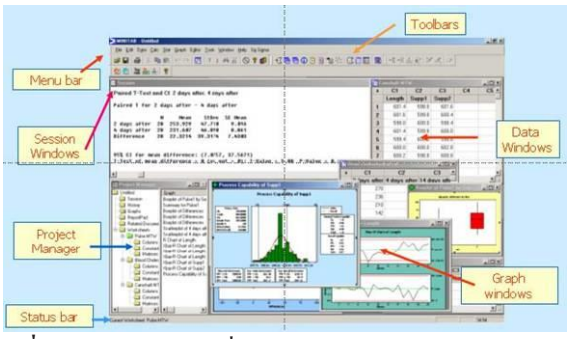
2. ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

แนวทางการออกแบบการทดลองมีขั้นตอนดังนี้ (1) ทำความเข้าใจปัญหา วัตถุประสงค์ของการทดลอง สืบหาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง (2) เลือกปัจจัยระดับ และขอบเขต เพื่อนำมาใช้แปรค่าในการทดลองกำหนดขอบเขตการแปรค่าของปัจจัย และกำหนดระดับที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง (3) เลือกปัจจัยตอบสนองที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ (4) เลือกการออกแบบการทดลอง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับจำนวนการทดลอง ลำดับการทดลองที่ใช้เก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่าควรใช้วิธีบล็อกหรือการสุ่มอย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ (5) ทำการทดลองติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวังจนแน่ใจว่าทุกอย่างเป็นไปตามแผน (6) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ เพื่อหาผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการ

ทดลองหรือไม่ มีเหตุผลสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ และ (7) สรุปผลโดยนำเอาวิธีการทางกราฟมาช่วย นอกจากนี้ควรทำการทดลอง เพื่อยืนยันผลและตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุป

2.1 วิธีการออกแบบการทดลองด้วยวิธีต่างๆ สถิติเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมนำเสนอ และวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ เป็นเครื่องมือช่วยอธิบายลักษณะของข้อมูลประมาณค่าที่แท้จริงของระบบ จัดแบ่งได้ 2 กลุ่มหลัก ดังนี้ (1) ค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลางของข้อมูล (Central tendency) ใช้หาค่ากลางของข้อมูล ค่านี้เกี่ยวข้องกับค่าสถิติ 3 ค่าได้แก่ (1) ค่าเฉลี่ย (Mean) ถูกใช้เพื่อนำไปใช้หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: S) ของข้อมูล (2) ค่ามัธยฐาน (Median)คือค่าในตำแหน่งกลางของข้อมูล ถูกใช้เมื่อข้อมูลมีความเบ้มาก และ (3) ค่าฐานนิยม (Mode) เป็นค่าความถี่สูงสุดในข้อมูลชุดนั้น ซึ่งค่าเหล่านี้จะต้องมีการวิเคราะห์ก่อนว่าข้อมูลมีความเบี่ยงเบนโดยธรรมชาติหรือไม่เพราะจะมีผลต่อค่าแนวโน้มสู่ศูนย์กลาง(2) ค่าการกระจาย (Dispersion) หรือค่าการเปลี่ยนแปลงในระบบ สามารถวัดได้ด้วยค่าทางสถิติหลายค่าด้วยกัน เช่น ค่าพิสัย (Range) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแปรปรวน (Variance: S2)เป็นต้นค่าสถิติทั้ง 2 กลุ่มจะเป็นส่วนหนึ่งของการทดสอบเพื่อหาข้อสรุปทางสถิติเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของระบบในกรณีศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างมากกว่าสองกลุ่มขึ้นไป ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) เป็นวิธีหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการออกแบบการทดลองการออกแบบการทดลองมีหลายวิธี โดยรายละเอียดของการออกแบบการทดลองในการศึกษาปัจจัยที่ 3 ระดับ มีดังนี้ (1) 3k-p factorial ใช้ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยสามารถประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้น (Linear Effects) และผลกระทบกำลังสอง (Quadratic Effects) ได้ทั้งหมดแต่ไม่เหมาะสมในการศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณทั้งหมด(2) 3k full factorial ใช้ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้น ผลกระทบกำลังสอง และผลกระทบร่วมได้ทุกกรณีที่เป็นไปได้แต่ต้องใช้งบประมาณมาก เนื่องจากจำนวนการทดลองสูงกว่าแผนอื่นๆ โดยหากพิจารณาที่ 5 ตัวแปรจะต้องทำการทดลองจำนวน 243 การทดลอง (3) Central Composite Designs (CCD) เหมาะสำหรับศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณ แต่ถ้ามีปัจจัยเชิงคุณภาพ 1 ปัจจัยก็ยังคงใช้วิธีนี้ได้ ซึ่งประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้นได้ทุกค่า และเลือกศึกษาผลกระทบกำลังสอง เลือกศึกษาผลกระทบร่วม 2 ปัจจัยได้ ซึ่งหากพิจารณาที่ 5ตัวแปร จะทำการทดลองจำนวน 20 การทดลอง แต่ในการทดลองจำเป็นต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เข้ากับรูปแบบการทดลองซึ่งอาจอยู่นอกช่วงการทดลอง จึงไม่ยืดหยุ่นสำหรับใช้ในทางปฏิบัติจริง(4) Box-Behnken ใช้ศึกษาปัจจัยเชิงปริมาณ และอาจจะใช้ศึกษาปัจจัยเชิงคุณภาพได้ในบางกรณีขึ้นกับจำนวนปัจจัย สามารถประมาณค่าผลกระทบเชิงเส้น ผลกระทบกำลังสอง และผลกระทบร่วมของ 2 ปัจจัยได้ทุกค่า หากพิจารณาที่ 5 ตัวแปร จะต้องทำการทดลองจำนวน 46 การทดลอง จากที่กล่าวมาจะเห็นว่าแบบการทดลองต่างๆ มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน จึงควรเลือกการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมกับงาน Box-Behnken (1960) ได้นำเสนอการออกแบบการทดลองแบบ 3 ระดับเพื่อศึกษาตัวแปรเชิงปริมาณ การทดลองแบบ Box-Behnken เป็นการทดลองที่มีประสิทธิภาพและนิยมใช้มากในกรณีศึกษาปัจจัยที่ 3 ระดับ โดยเฉพาะกรณีที่ต้องการสร้างสมการความสัมพันธ์เมื่อปัจจัยเป็นปัจจัยเชิงปริมาณวิธี Box-Behnken จะใช้หลักการของ 2^2 แฟคทอเรียลเต็มรูปผนวกกับจุดกึ่งกลางรวมเข้าไปก็มีหลายวิธีที่ทางโรงงานอุตสาหกรรมหรือรูปลักษณะของการทดลองที่จะความสัมพันธ์และวิธีแตกต่างกันไป

3. ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Minitab



รูปที่ 1 ลักษณะหน้าตาที่ใช้งานของโปรแกรม Minitab
ที่มา: http://www.overclockzone.com.2011

ขั้นตอนที่ 1 การเปิดโปรแกรมหรือเริ่มต้นเข้าสู่การทำงานบนแฟ้มงาน

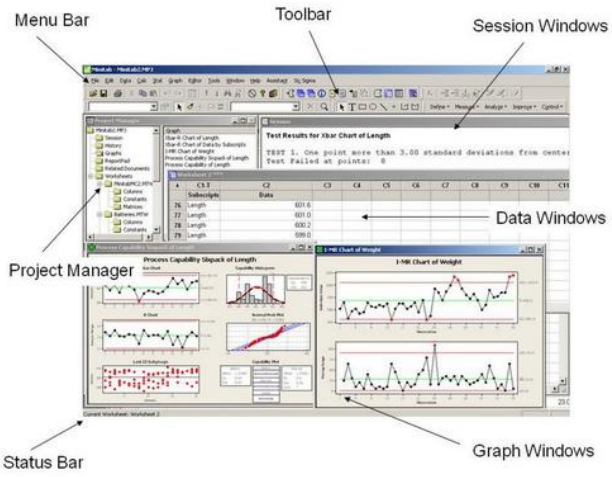
ขั้นตอนที่ 2 ป้อนข้อมูลเข้าสู่เวิร์คชีท เนื่องจากโปรแกรม Minitab เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล ดังนั้นเมื่อเราเปิดแฟ้มงานแล้วสิ่งที่จำเป็นมากสำหรับการใช้งานโปรแกรมคือ ข้อมูลซึ่งจะเป็นการป้อนจากแป้นพิมพ์ การนำข้อมูลจากฐานข้อมูลชนิดอื่น เช่น Excel, Access หรือ Text เป็นต้นหรือการเปิดจากไฟล์เวิร์คชีทของ Minitab ก็แล้วแต่ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้เอง

ขั้นตอนที่ 3 เป็นส่วนการจัดการข้อมูลเป็นขั้นตอนที่สามารถข้ามไปยังขั้นตอนต่อไปได้ ถ้าหากว่าข้อมูลที่อยู่ในเวิร์คชีทมีความพร้อมและอยู่ในรูปแบบที่ถูกต้องสำหรับการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab แต่ถ้าหากไม่เราจำเป็นต้องจัดการข้อมูลดังกล่าวก่อนอาจใช้ฟังก์ชันที่มีใน Minitab หรือการจัดการจากโปรแกรมอื่นก่อนนำเข้าสู่เวิร์คชีทใน Minitab ก็ได้แล้วแต่ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัญหาและประสบการณ์ในการจัดการข้อมูลของผู้ใช้งานโปรแกรม ตัวอย่างขั้นตอนนี้ คือ การรวมข้อมูล (Stack) การเปลี่ยนทิศทางการเรียงข้อมูล (Transpose Data) การคำนวณข้อมูล (Calculate) การสร้างชุดข้อมูลย่อย (Subset) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ทางสถิติโดยเราจะเลือกฟังก์ชันหรือตัวสถิติที่เราจะทำการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) การออกแบบการทดลอง (DOE) เป็นต้น

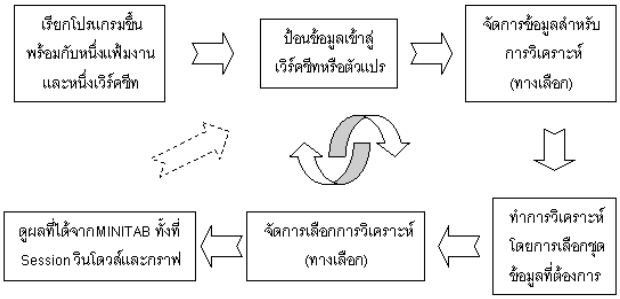
ขั้นตอนที่ 5 เป็นส่วนในรายละเอียดของการวิเคราะห์ใดๆที่เราเลือก โดยปกติแล้วถ้าเราใช้การตั้งค่าเริ่มต้นของโปรแกรม (Default) ซึ่งเป็นค่าที่มีการใช้ทั่วไปแล้ว เมื่อเราใส่ข้อมูลครบถ้วนตามที่โปรแกรมต้องการแล้ว เราสามารถข้ามขั้นตอนนี้ไปได้ แต่ในบางครั้งเราต้องการปรับเปลี่ยนค่าดังกล่าว เช่น ค่าความเชื่อมั่น 95% เป็น 99% การสั่งสร้างกราฟ หรือจะเป็นการสั่งให้โปรแกรมแสดงค่าหรือเก็บค่าใดๆที่เราต้องการ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการจัดการกับผลการประมวลผลที่โปรแกรม Minitab ดำเนินการให้ซึ่งจะออกมาใน 2 รูปแบบ คือ ผลทางตัวเลขหรือตัวอักษรและกราฟ ตัวอย่างของการทำงานในขั้นตอนนี้ เช่น การสร้างรายงาน ตัดข้อมูลผิดปกติ การเปลี่ยนสีกราฟ เป็นต้น



รูปที่ 2 การประมวลผลข้อมูลจากโปรแกรม Minitab
ที่มา: http://www.overclockzone.com.2011

จากขั้นตอนโดยรวมทั้งหมดที่กล่าวมานี้ โดยปกติผู้ใช้งานสามารถที่จะทำซ้ำหรือการวนหรือย้อนกลับขั้นตอนต่างๆได้ตลอดเวลา ตราบใดที่เรากำลังทำงานบนแฟ้มงาน โดยมีภาพรวมการใช้งานของโปรแกรม Minitab ดังรูปภาพที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะภาพรวมการใช้โปรแกรม Minitab

4. ความสามารถด้านฟังก์ชั่นและกราฟของโปรแกรม Minitab

4.1 Basic Statistics เป็นฟังก์ชั่นพื้นฐานทางสถิติซึ่งประกอบด้วยสถิติเชิงพรรณนา (descriptive) และสถิติเชิงอนุมาน(inferential) เช่น การหาค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (mean), ค่าความแปรปรวน (variance), ค่าพิสัย

(range) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีชุดคำสั่งในการหาช่วงความเชื่อมั่นและการทดสอบสมมติฐาน (confidence interval และ hypothesis testing) โดยผลการคำนวณจะให้ทั้งผลลัพธ์บน Session และกราฟ

4.2 Regression Analysis เป็นฟังก์ชั่นการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นได้ทั้งรูปแบบสมการเส้นตรง (linear) และสมการกำลัง (polynomial) หรือรูปแบบอื่นๆที่ต้องการ รวมถึงการเก็บค่าเศษเหลือ (residual) และกราฟประกอบการวิเคราะห์

4.3 ANOVA เป็นฟังก์ชั่นการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยสามารถวิเคราะห์ปัจจัยตั้งแต่ 1 ปัจจัย (one-way) 2 ปัจจัย(two-way) หรือมากกว่า (genera) รวมถึงการแสดงผลกราฟปัจจัยอิทธิพลหลัก (main effect plot) และปัจจัยอิทธิพลร่วม (interaction effect plot) และอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

4.4 Statistical Quality Tools เป็นฟังก์ชั่นสนับสนุนงานทางด้านการวิเคราะห์ด้านคุณภาพ ประกอบด้วยหัวเรื่องหลัก 4 เรื่อง คือ Quality Tools สามารถทำการสร้างกราฟพาเรโต (pareto) , รันชาร์ต(run chart) เป็นต้น ,Control Charts ชุดคำสั่งสร้างแผนภูมิควบคุมมากมายหลากหลายครอบคลุมข้อมูลทุกประเภท รวมถึงคำสั่งเพิ่มเติมช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลผิดปกติ, Capability Analysis เป็นคำสั่งวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการโดยการนำเอาความผันแปรข้อมูลเทียบกับข้อกำหนด (specification) ซึ่งสามารถจัดการได้ทั้งกรณีข้อมูลเป็นปกติ (normal) หรือไม่ปกติ (non-normal) และ Measurement System เป็นคำสั่งวิเคราะห์และประเมินความสามารถกระบวนการวัด เช่น Stability Bias Linearity และ Gage R&R

4.5 Design of Experiment เป็นชุดคำสั่งในการออกแบบการทดลองประกอบด้วย factorial, response surface, mixture และ taguchi สำหรับคำสั่งการออกแบบการทดลองในโปรแกรม Minitab จะช่วยเหลือตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การจัดเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์ผลที่ได้และกราฟประกอบการแปลผล รวมถึงการหาการตั้งค่าเพื่อผลลัพธ์ที่ต้องการ (response optimizer)

4.6 Reliability เป็นฟังก์ชั่นสำหรับวิเคราะห์ค่าความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยหลักการทางสถิติ โดยมีฟังก์ชั่นช่วยในการหาฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น (fit distribution) แบบต่างๆ และทำการวิเคราะห์ผ่านฟังก์ชั่นโดยอาศัยหลักการความน่าจะเป็น

4.7 Simulation and Distribution เป็นคำสั่งช่วยในการสุ่มชุดข้อมูลผ่านฟังก์ชั่นความน่าจะเป็น (distribution) เพื่อประโยชน์ในการทำการทดสอบโมเดลหรือการวิเคราะห์ที่ต้องการ

5. ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้การออกแบบทดลองโดยใช้โปรแกรม Minitab

เป็นการออกแบบการทดลองในงานวิจัยที่ได้ใช้หลักการการออกแบบ สวนประสมกลาง CCD การออกแบบสวนประสมกลาง เปนการออกแบบการทดลอง ที่เปนสวนหนึ่งของ Response Surface Methodology (RSM) และนำไปสูการแปรผลพื้นผิวผลตอบ ที่ต้องการศึกษาเพื่อหาพื้นผิวผลตอบจากหลักการการออกแบบส่วนประสมกลาง CCDและได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Minitab 16 ในกระบวนการทดลองขึ้นรูปกระดูกเทียมลักษณะแผ่น(Plate)นี้ได้มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย คือใช้ไฮดรอกซีอะปาไทต์(Hydroxyapatite) อัตราส่วนผสม (Ratio)ระหว่าง กับ Polyvinyl Alcohol (PVA) ละลายน้ำที่อุณหภูมิสูง, ความดันในการกดอัด , เวลาในการกดอัด การออกแบบการทดลองใช้หลักการการออกแบบสวนประสมกลาง CCD ปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย คืออัตราส่วนผสม (Ratio) ระหว่างใช้ไฮดรอกซีอะปาไทต์ 20 g. และ Polyvinyl Alcohol (PVA) ละลายในน้ำเดือดจำนวน 10 ml. , ความดันในการกดอัด , เวลาในการกดอัด ได้แสดงค่าและปัจจัยของช่วงที่จะทำการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัย ระดับขอบเขตสำหรับการอัดขึ้นรูป

ปัจจัย	ขอบล่าง(-)	ขอบบน (+)	หน่วย
อัตราส่วน PVA	0.2	0.6	g
ความดันกดอัด	75	220	Psi
เวลากดอัด	20	40	sec

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าการกดอัด (Compression) หรือค่าการดัดโค้ง (Bending) การทดลองเพื่อหาอิทธิพลของปัจจัยนั้นได้ทำการทดลองแบบสุ่มโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการกำหนดลำดับการทดลอง ผลที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการทดลอง

No	PVA (g.)	Pressure (Psi.)	Time (sec.)	Compression (kg/cm^2)	Bending (kg/cm^2)
1	0.4	270	30	72.24	42.54
2	0.4	148	30	70.87	40.44
3	0.4	148	30	70.01	40.65
4	0.7	148	30	71.32	41.23
5	0.4	148	47	68.72	39.34
6	0.4	145	14	69.02	39.58
7	0.4	26	30	64.44	35.28
8	0.1	148	30	66.43	36.44
9	0.6	75	40	68.76	38.23
10	0.6	220	20	73.54	43.87
11	0.4	148	30	70.11	40.38
12	0.2	75	20	64.44	35.63
13	0.2	75	40	63.67	34.45
14	0.4	148	30	70.11	40.78
15	0.6	75	20	68.13	38.11
16	0.4	148	30	71.29	41.21
17	0.2	220	40	69.87	40.33
18	0.4	148	30	70.33	40.19
19	0.2	220	20	70.83	41.56
20	0.6	220	40	72.63	42.88

จากนั้นนำค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงาน และค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงาน ที่วัดได้จากการทดลอง ไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยโปรแกรม Minitab ดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าStrength ของ Compression ของชิ้นงาน

Source	SS	MS	F	P
Regression	264.907	29.4341	74.77	0.000
Linear	233.493	78.2753	198.84	0.000
Square	28.826	9.6076	24.41	0.000
Interaction	2.587	0.8625	2.19	0.110
Residual Error	11.810	0.3937		
Lack-of-Fit	2.832	0.4719	2.19	0.312
Pure Error	8.978	0.3741		
Total	276.717			
S = 0.627428	**R-Square = 95.73%**		**R-Square (adj) = 94.45%**	

ในตารางที่ 3 แสดงผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Strength ของCompression ของชิ้นงาน สำหรับการทดลองนี้ผู้วิจัยได้กำหนดค่า นัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = 0.05$ พบว่าค่า P-Value ของเทอมกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α แสดงว่ามีส่วนโค้งที่เกิดขึ้นที่พื้นผิวผลตอบ แต่เทอมอันตรกิริยามีค่าเท่ากับ 0.110 ซึ่งมีค่ามากกว่า α แสดงว่าเทอมอันตรกิริยาไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการแยกคิดเพื่อที่จะใช้สมการแบบจำลองกำลังสองสำหรับค่าทำนายค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงาน

ในตารางที่ 4 แสดงผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงาน พบว่าค่า P-Value ของเทอมกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า α แสดงว่ามีส่วนโค้งที่เกิดขึ้นที่พื้นผิวผลตอบ แต่เทอมอันตรกิริยามีค่าเท่ากับ 0.051 ซึ่งมีค่ามากกว่า α แสดงว่าเทอมอันตรกิริยาไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจึงทำการแยกคิดเพื่อที่จะใช้

สมการแบบจำลองกำลังสอง สำหรับค่าทำนายค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงาน

ด้วยการพิจารณาค่า P-Value ซึ่งในการทดลองนี้กำหนดค่า $\alpha = 0.05$ โดยนำค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีค่า P-Value ต่ำกว่า 0.05 มาสร้างสมการทำนายดังนี้

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าStrength ของ (Bending)ของชิ้นงาน

Source	SS	MS	F	P
Regression	232.357	25.8194	82.82	0.000
Linear	211.864	71.0092	227.77	0.000
Square	17.788	5.9328	9.03	0.000
Interaction	2.723	0.9076	2.91	0.051
Residual Error	9.353	0.3118		
Lack-of-Fit	3.471	0.5785	2.36	0.062
Pure Error	5.828	0.2451		
Total	241.727			

S = 0.558350 R-Square = 96.13% R-Square (adj) = 94.97%

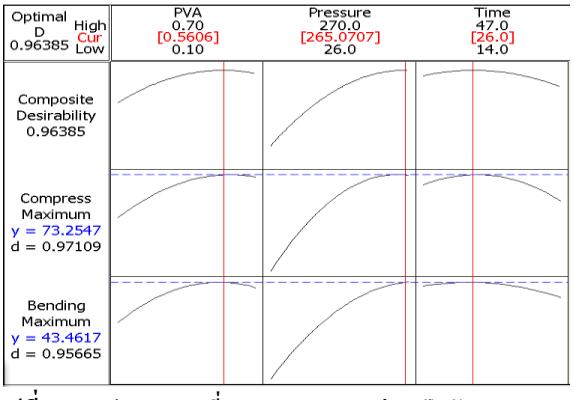
สมการทำนายค่า Strength ของCompression ของชิ้นงาน

Compression = 53.1630 + 19.7022 (PVA)
+ 0.0788266 (Pressure) +0.272686 (Time)
-14.2740 (PVA^2) -1.52147 E^{-4}($Pressure^2$)
-5.00189 E^{-3} ($Time^2$)

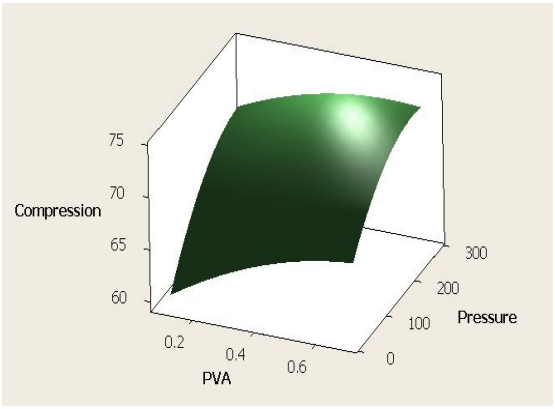
สมการทำนายค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงาน

Bending = 26.3770+20.0892 (PVA)
+ 0.0654157 (Pressure) +0.122051 (Time)
- 15.8340 (PVA^2) -1.09411 E^{-4}($Pressure^2$)
-2.41535 E^{-3}($Time^2$)

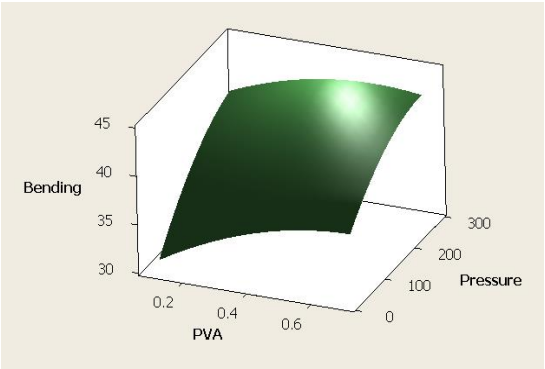
เมื่อทำการตรวจสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-Square : R-sq) ค่า R-sq ของค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงานดังแสดงค่าในตารางที่ 3 พบว่าค่า R-sq มีค่าเท่ากับ 95.73% และค่า R-sq (adj) ของค่าStrength ของ Compression ของชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 94.45% แสดงว่าแบบจำลองสามารถนำไปสร้างสมการทำนายเพื่อหาค่าผลตอบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และเมื่อทำการตรวจสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ(R-Square : R-sq) ค่า R-sq ของค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงานดังแสดงค่าในตารางที่ 4 พบว่าค่า R-sq มีค่าเท่ากับ 96.13% และค่า R-sq (adj) ของค่าStrength ของ Bending ของชิ้นงานมีค่าเท่ากับ 94.97% แสดงว่าแบบจำลองสามารถนำไปสร้างสมการทำนายเพื่อหาค่าผลตอบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมเช่นกัน



รูปที่ 4 กราฟแสดงจุดที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย



รูปที่ 5 กราฟพื้นที่ผิวผลตอบ Compression ระหว่างอัตราส่วน PVA กับ Pressure ในการอัดเวลาอัดคงที่



รูปที่ 6 กราฟพื้นที่ผิวผลตอบ Bending ระหว่างอัตราส่วน PVA กับ Pressure ในการอัดเวลาอัดคงที่

จากรูปที่ 4 ค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงาน และ ค่า

Strength ของ Bending ของชิ้นงาน ด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป โดยค่าทำนายของค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงาน และ ค่าStrength ของ Bending ของชิ้นงาน (Predicted Responses) มีค่าดังต่อไปนี้ Compression มีค่าเท่ากับ 73.2547 และค่า Bending มีค่าเท่ากับ 43.4617 ที่ค่าความพึงพอใจโดยรวม (Composite Desirability) เท่ากับ 0.96385

จากรูปที่ 5 และ รูปที่ 6 แสดงโครงร่างของพื้นที่ผิวผลตอบความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปและระยะเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปเป็นกราฟให้แสดงลักษณะให้ผลตอบสูงสุด (ต้องการค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงาน ค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงาน) โดยคงที่เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปที่ 26 วินาที จะเห็นว่าค่าผลตอบที่ให้ค่า Strength ของ Compression ของชิ้นงาน ค่า Strength ของ Bending ของชิ้นงาน ที่มากที่สุด ความดันที่ใช้ในการกดอัด ประมาณ 265 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และอัตราส่วนผสมของ Polyvinyl Alcohol (PVA) ในการอัดขึ้นรูปประมาณ 0.56 กรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าข้อมูลเชิงสถิติและกราฟเหล่านี้จะได้จากการวิเคราะห์ผลของโปรแกรม Minitab ทำให้ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมสภาวะในการขึ้นรูปทำให้เกิดมีความเชื่อมั่นน่าเชื่อถือในผลการทดลอง

6. สรุป

การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการที่ได้มีการวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ทางสถิติหาข้อสรุปที่สมเหตุผลได้การออกแบบการทดลองเป็นสิ่งจำเป็นหากต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ ยิ่งถ้าเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลองด้วยแล้ว วิธีการทางสถิติเป็นวิธีเดียวที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยมีโปรแกรมMinitab เข้ามามีบทบาทสำหรับผู้ใช้สถิติในส่วนของการประมวลผลและการแสดงผลข้อมูลในลักษณะของตัวเลขและผลในลักษณะของกราฟ ประกอบกับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาและมีบทบาทสำหรับการออกแบบการทดลอง

7.เอกสารอ้างอิง

[1] ซอฟต์แวร์วิเคราะห์และประมวลผลทางสถิติ Minitab 16 .(2551) .สืบค้นเมื่อ 4 กุมภาพันธ์2556. แหล่งที่มา http://www.overclockzone.com

[2] ธนพงศ์ ปัญจิต.(2555). ผลกระทบของพารามิเตอร์การเชื่อมต่อมุมเงยสำหรับกระบวนการเชื่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์.วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 39(1):59-67.

[3] ปารเมศ ชุติมา. (2545) .การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[4] พูนธนะ ศรีสระคู. (2554). การประเมินปัจจัยที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปกระดูกเทียมจากไฮดรอกซีอะปาไทต์.การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ “แม่โจ้-แพร่ วิจัย ครั้งที่ 2”.มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมเกียรติ.

[5] Chutima P. Design of Experiments. 1th ed. Chulalongkorn University; 2002. (In Thai).

[6] Montgomery, D.C. 2009. Design and analysis of experiment. (7th Edition), The United States of America: John Wiley & Sons.

[7] Sudasna-na-Ayudthya P, Luangpaiboon P. Design and Analysis of Experiments. 1th ed. Top; 2008. (In Thai).