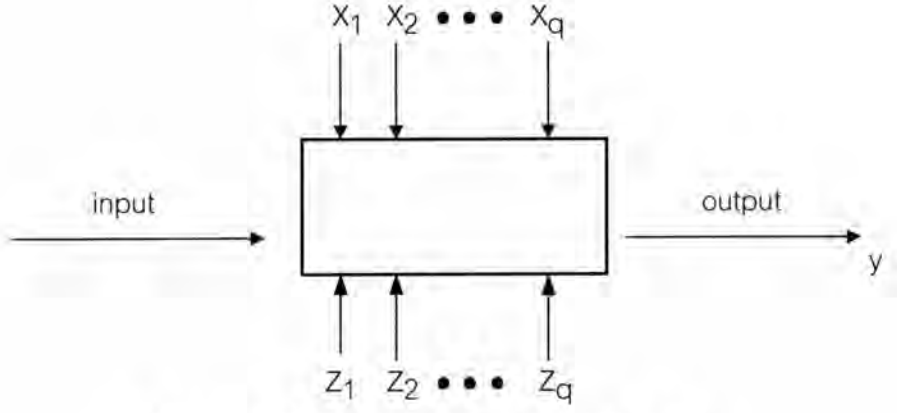
บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเชิงสถิติ

การทดลองถูกสร้างขึ้นโดยผู้ทดลอง ซึ่งมาจากหลายสาขาอาชีพที่ต้องการค้นหาคำตอบจากกระบวนการหรือระบบที่ผู้ทดลองมีความสนใจ การทดลองในที่นี้อาจหมายถึงการทดสอบหรือชุดของการทดสอบที่คาดหมายว่าเมื่อเปลี่ยนตัวแปรป้อนเข้าของกระบวนการหรือระบบ จะเป็นผลให้ตัวแปรตอบสนองมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น ในงานทางด้านวิศวกรรม การทดลองมีบทบาทสำคัญในการออกแบบผลิตใหม่ การพัฒนากรรมวิธีการผลิตของกระบวนการและการปรับปรุงกระบวนการผลิต บางกรณีอาจต้องการพัฒนากระบวนการที่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจากแหล่งภายนอกกระบวนการจะมีผลกระทบไม่มากต่อกระบวนการ (Robust Design)



รูปที่ 2.1 แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการหรือระบบ

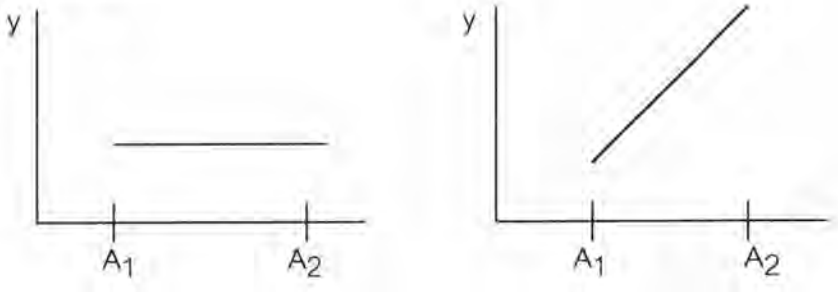
โดยทั่วไปการทดลองถูกใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการหรือระบบ (Process or System) รูปที่ 2.1 แสดงถึงรูปแบบของกระบวนการหรือระบบ ส่วนใหญ่เราสามารถมองเห็นภาพของกระบวนการเป็นการรวมกันของเครื่องจักร วิธีการ คน และทรัพยากรอื่น ๆ และเมื่อมีสิ่งป้อนเข้า (input) สู่กระบวนการจะถูกเปลี่ยนรูปออกมาได้เป็นผลลัพธ์ (output) ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวอาจมีได้ตั้งแต่หนึ่งคำหรือมากกว่าหนึ่งคำ

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่ากระบวนการหรือระบบยังประกอบด้วยปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) คือ $X_1, X_2, \ldots, X_p$ และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) คือ $Z_1, Z_2, \ldots, Z_q$

ปัจจัยในกระบวนการผลิต สามารถแบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึงปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่าง ๆ ที่คิดว่ามีผลต่อค่าตอบสนองที่สนใจ
2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึงปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ อันเนื่องมาจากเทคโนโลยีไม่ทันสมัยพอหรือต้นทุนในการควบคุมสูงมาก หรือมีความรู้ไม่เพียงพอ ฯลฯ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างมาก ผู้ทำการทดลองควรพยายามกำจัดปัจจัยลักษณะนี้เพื่อให้เปลี่ยนเป็นปัจจัยที่ควบคุมได้ จึงจะเป็นประโยชน์ต่อการทดลอง

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับแล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง ตัวอย่างเช่น ให้ y เป็นค่าความข่นและ A หมายถึงค่าความเข้มข้นของสี ซึ่งจะสรุปผลเมื่อได้กราฟตัวอย่างดังนี้



ปัจจัย A ไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ปัจจัย A มีผลต่อผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2.2 แสดงอิทธิพลที่ไม่มีผลและอิทธิพลที่มีผลของปัจจัยต่อผลิตภัณฑ์

2.2 วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

1. หาตัวแปรที่มีผลต่อค่าตอบสนอง y มากที่สุด
2. กำหนดค่า x ที่ทำให้ค่า y ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ
3. กำหนดค่า x ที่ทำให้ค่า y มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
4. กำหนดค่า x ที่ทำให้ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) $Z_1, Z_2, \ldots, Z_q$ มีผลน้อยมาก

2.3 คำจำกัดความ

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้นที่มีตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง สภาวะต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่ง ๆ ที่ทำการกำหนดในการทดลอง

ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดจากผลกระทบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่สามารถควบคุมได้

2.4 หลักในการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นกระบวนการวางแผนของการทดลองซึ่งข้อมูลในการทดลองนั้นจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ จนกระทั่งได้ข้อสรุปของวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ หลักการทางสถิติถูกนำมาใช้ในการออกแบบการทดลองเพื่อทำความเข้าใจในข้อมูลและหาผลสรุปออกมานั่นเอง

หลักในการออกแบบการทดลองมีดังนี้

2.4.1 การทำซ้ำ (Replication)

การทำซ้ำคือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูลเพื่อกำจัดผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออกไป การทำซ้ำมีความสำคัญ 2 ประการคือ เพื่อการประมาณค่าความผิดพลาดของการทดลอง และเพื่อการประมาณค่าเฉลี่ยนั้นให้มีความมั่นใจมากขึ้น

2.4.2 การทำแบบสุ่ม (Randomization)

การทำแบบสุ่มคือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวให้เท่ากันเพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับข้อมูลทุกระดับในการทดลองให้เท่า ๆ กัน การทำแบบสุ่มสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีดังนี้

1) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)
2) การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)
3) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within Blocks)

2.4.3 การบล็อก (Blocking)

การบล็อกคือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วงเพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ทำให้การทดลองนั้นมีความเที่ยงตรงมากขึ้น การบล็อกส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับวัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้นไม่มีความสม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องแยกเอาผลของวัสดุที่แตกต่างกันออกไปจะสนใจผลการทดลองที่เกิดขึ้นในแต่ละบล็อกเท่านั้น

2.5 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

การใช้หลักการทางสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเป็นสิ่งจำเป็น ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจวิธีการในการเก็บข้อมูลตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา

2.5.1 การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.5.2 การเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับของปัจจัย เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่ามีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไรเพื่อระบุระดับของปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed levels) , แบบสุ่ม (Random levels) หรือแบบผสม (Mixed levels)

1. แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึงระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
2. แบบสุ่ม (Random levels) หมายถึงระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน
3. แบบผสม (Mixed levels) หมายถึงการผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

2.5.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนองผู้ทำการทดลองต้องมั่นใจว่าเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการที่ทำการศึกษา ค่าเฉลี่ยหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าวัดจะใช้เป็นตัวแปรตอบสนอง โดยทั่วไปจะเก็บข้อมูลของตัวแปรตอบสนองเพียงค่าเดียว แต่ก็ไม่บ้างการทดลองที่ทำการวัดค่าตัวแปรตอบสนองหลายค่า การวัดค่าจะต้องมีความแม่นยำรวมทั้งความถูกต้องของเครื่องมือวัดด้วย

2.5.4 การเลือกแบบการทดลอง จะต้องพิจารณาถึงขนาดของข้อมูลหรือจำนวนที่ใช้ในการทำซ้ำ (Replicate) ความเหมาะสมของลำดับในการทดลอง ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization)

และการบล็อก (Blocking) ที่จำเป็น ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง

2.5.5 ดำเนินการทดลอง เมื่อทำการทดลองต้องทำการตรวจสอบการทดลองอย่างระมัดระวังว่ามีการดำเนินการตามที่วางแผนไว้ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลองคือความถูกต้องของกระบวนการเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้เกิดความผิดพลาด (Error)น้อยสุด เพราะความผิดพลาดในขั้นตอนนี้มักจะทำให้การทดลองล้มเหลวได้

2.5.6 การวิเคราะห์ข้อมูล หลักการทางสถิติถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลจากการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลอาจใช้ซอฟต์แวร์ (Software) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ด้วย ซึ่งปัจจุบันมีซอฟต์แวร์อยู่หลายประเภทที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ วิธีการถูกนำมาใช้อย่างได้ผลคือกราฟอย่างง่าย โดยช่วยในการวิเคราะห์และตีความข้อมูลจากการทดลอง การตรวจสอบความเพียงพอของโมเดล (Model Adequacy Checking) เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์เพื่อความเชื่อมั่นของข้อมูลที่เก็บมาจากการทดลอง ถึงจำไว้ว่าวิธีการทางสถิติไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลได้แน่นอน เพียงแต่เป็นเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นโดยระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ในการสรุปผลการทดลอง แต่อย่างไรก็ดีการใช้หลักการทางสถิติช่วยให้การตัดสินใจเป็นนามธรรมมากขึ้น

2.5.7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อข้อมูลถูกวิเคราะห์จะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปแบบกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะจากการทดลอง เมื่อสรุปผลแล้วควรมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการทดลองอีกครั้งหนึ่ง

2.6 การใช้หลักการทางสถิติในการทดลอง

การใช้หลักการทางสถิติในการทดลองนั้น ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจประเด็นต่าง ๆ ต่อไป

1. ใช้ความรู้ที่ไม่ใช่วิธีการทางสถิติในการพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้ทำการทดลองต้องมีความรู้เกี่ยวกับงานในสาขาที่จะทำการทดลอง

2. เลือกการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ที่ง่ายและไม่ซับซ้อน
3. เข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างนัยสำคัญในทางปฏิบัติและนัยสำคัญทางสถิติ เพราะว่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในการทดลอง ซึ่งเรียกว่าความแตกต่างทางด้านสถิตินั้นไม่สามารถประกันได้ว่าจะมีความแตกต่างมากเพียงพอที่จะใช้ในทางปฏิบัติจะต้องคำนึงถึงต้นทุนว่าคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่
4. ควรทำการทดลองซ้ำ ๆ หลายครั้งเพื่อให้มั่นใจว่าผลที่ได้ถูกต้อง

2.6.1 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.6.1.1 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสมเพียงไร ซึ่งในการทดลองทุกครั้งจะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained variable) หรือความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดีจะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้น้อยที่สุด

$$\text{สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square)} = \frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}} \times 100\%$$

ถ้าค่าของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square) ต่ำ สามารถแก้ไขโดย

1. เพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง
2. ตรวจสอบหาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องแล้วออกแบบการทดลองใหม่
3. ถ้าทำการเพิ่มปัจจัยอื่นแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square) ยังต่ำอยู่ แสดงว่าผลจากปัจจัยรบกวน (noise factor) มีมาก ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน

2.6.1.2 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

<u>*เงื่อนไขของการวิเคราะห์*</u>

1. ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)
2. ค่าความแปรปรวนแต่ละ treatment ต้องเท่ากัน คือ $\sigma_1^2 = \sigma_1^2 = \ldots = \sigma_n^2$

3. การสุ่มตัวอย่างแต่ละชุดจากแต่ละ treatment จะเป็นอิสระต่อกัน

จากสมการ ; $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$

ซึ่ง μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อน

การตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ โดยใช้
   - การทดสอบแบบไคร์สแควร์ (χ^2 - Goodness of Fit Test)
   - การทดสอบแบบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolgomorov – Smirnov Test)
   - การทดสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (NOPP)
2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะ การกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่
3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวนโดยใช้แผนภูมิการกระจาย ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

2.6.1.3 การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่าในการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบจะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือกคือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัวคือ α และ β

α หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลัก เป็นจริง

β หมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐานหลักทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง

และจากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ก็มักจะให้ค่าของ α คงที่และให้ค่า β น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การตั้งสมมติฐาน แบ่งออกได้เป็น 2 กรณี

1. กรณีของรูปแบบกำหนด (Fixed Model) จะเป็นการตรวจสอบว่าปัจจัยมีผลต่อกระบวนการหรือไม่ ดังนั้นสมมติฐานที่ตั้งคือ

H_0 : ปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

หรือเขียนในรูปของสัญลักษณ์ เมื่อ τ คืออิทธิพลของปัจจัยคือ

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_a = 0$

$H_1 : \tau_1 \neq 0$; อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง I

2. กรณีของรูปแบบสุ่ม (Random Model) จะเป็นการตรวจสอบว่าความแปรปรวน (σ^2) จะมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ เพราะไม่สามารถหาค่าของอิทธิพล (Effect) ที่เกิดขึ้นแน่นอนได้ ดังนั้นสมมติฐานคือ

$H_0 : \sigma^2 = 0$

$H_1 : \sigma^2 \neq 0$

2.6.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

ผู้ที่นำวิธีการนี้มาใช้คือ ฟิชเชอร์ (Fisher) ซึ่งใช้วิธีการนี้จากหลักการที่ว่าในการหาว่าปัจจัยใดที่มีผล ให้วิเคราะห์ที่ความแตกต่างโดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวน (Variance) แล้วแตกออกมาเป็นความแตกต่างย่อยแล้วเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยเหล่านั้น หากความแตกต่างใดมีค่ามากกว่าแสดงว่า ปัจจัยหรือระดับของปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างนั้นมีผลต่อตัวที่ต้องการคุณสมบัติและตัวที่ประมาณค่าความแปรปรวน (Variance) ที่ดีที่สุดคือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square (MS)) ซึ่ง

$$MS = \frac{SS}{df}$$

เมื่อ SS คือ ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square)

และ df คือ ขั้นของความอิสระ (Degree of Freedom) จากนั้นจะเปรียบเทียบค่าความแปรปรวน โดยที่

$$F = \frac{Var\ (tr)}{Var\ (E)}$$

Var (tr) คือ ความแปรปรวนของทรีตเมนต์

Var (E) คือ ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

และจากการต้องใช้การกระจายแบบแจกแจงเอฟ (F-distribution) เป็นตัวทดสอบ ดังนั้น ε_{ij} จึงต้องมีรูปแบบเป็น NID $(0,\sigma^2)$ เท่านั้น

ตัวอย่างการสร้างตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการวิเคราะห์ปัจจัย 2 ปัจจัย

ตัวแบบ : $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$

โดยที่ i = 1 , 2 , ... a (ระดับของปัจจัย A)

โดยที่ j = 1 , 2 , ... b (ระดับของปัจจัย B)

โดยที่ k = 1 , 2 , ... n (จำนวนซ้ำ)

และ y คือ ค่าของตัวแปรตอบสนอง

μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

β คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

$\tau\beta$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ กับ β

ε คือ ความคลาดเคลื่อน

A คือ ปัจจัย A

B คือ ปัจจัย B

AB คือ ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย A กับ B

MS_A MS_B MS_{AB} คือ กำลังสองเฉลี่ยของปัจจัย A , B และ AB ตามลำดับ

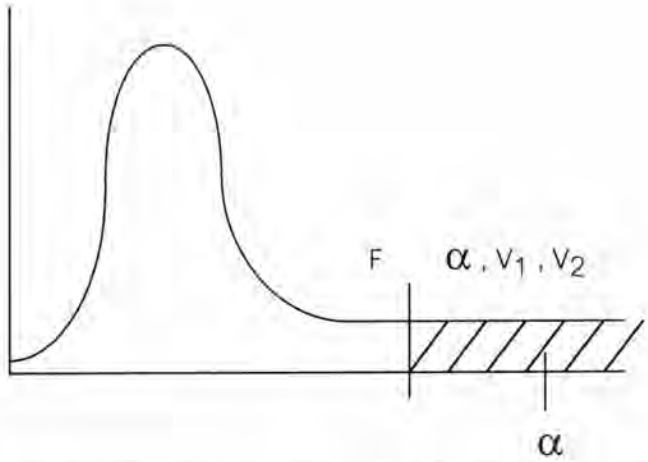
MS_E คือ กำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

SS_A SS_B SS_{AB} คือ ผลรวมกำลังสองของ A , B และ AB ตามลำดับ

SS_E คือ ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย 2 ปัจจัย (ANOVA table)

แหล่ง	ผลรวมกำลังสอง (SS)	ขั้นของความอิสระ (df)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ตัวทดสอบ (F_0)
A	$\frac{\sum_{i=1}^{a} y^2_{i..}}{bn} - \frac{y^2_{...}}{abn}$	$a-1$	MS_A	$\frac{MS_A}{MS_E}$
B	$\frac{\sum_{j=1}^{b} y^2_{.j.}}{an} - \frac{y^2_{...}}{abn}$	$b-1$	MS_B	$\frac{MS_B}{MS_E}$
AxB	$\frac{\sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{a} y^2_{ij.}}{n} - \frac{y^2_{...}}{abn} - SS_A - SS_B$	$(a-1)(b-1)$	MS_{AB}	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
ความคลาดเคลื่อน	$SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB}$	$ab(n-1)$	MS_E	
ทั้งหมด	$\sum_{k=1}^{n}\sum_{j=1}^{b}\sum_{i=1}^{a} y^2_{ijk} - \frac{y^2_{...}}{abn}$	$abn-1$		



รูปที่ 2.4 แสดงกราฟการกระจายของฟิชเชอร์ (Fisher)

สมมติให้ $\alpha = 0.05$ หากค่า F_0 ที่ได้ $\leq F_{0.05,v1,v2}$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลคือสามารถยอมรับสมมติฐาน แต่ถ้าค่าของ $F_0 > F_{0.05,v1,v2}$ ถือว่าไม่สามารถยอมรับสมมติฐานหลักได้ (reject H_0) นั่นคือปัจจัยมีผล

2.6.3 การเลือกแบบการทดลอง

2.6.3.1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design)

- ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment)
- ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดไม่โตนักและไม่มีปัจจัยรบกวน

การทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication)

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

1. กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) และปัจจัยที่ควบคุม (Controllable Factor) ได้ที่สนใจ
2. ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Randomization) ในการวัดค่า
3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

2.6.3.2 แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design) ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน

หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มคือ

1. ต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้ง
2. ต้องทำซ้ำ (Replicate) ทุกการทดลอง
3. ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อกอาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

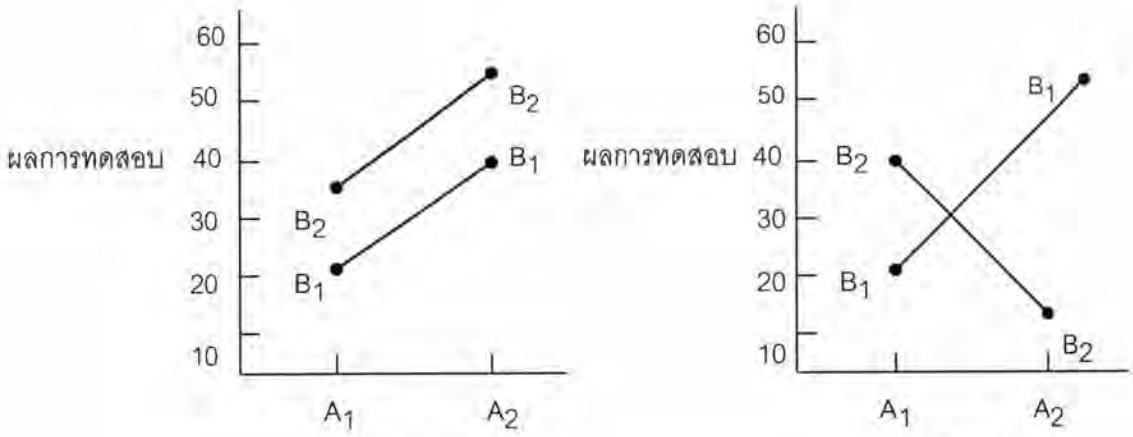
ขั้นตอนในการทำการทดลอง

1. ออกแบบและวางแผนการทดลอง
2. เก็บข้อมูล
3. วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

2.6.3.3 แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย และเนื่องจากมีปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) ที่สนใจแล้วยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วมคือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงด้วยดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction Effect) แสดงได้ดังรูป 5 ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (1) และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (2) โดย A และ B คือปัจจัย 2 ปัจจัย



(1) อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผล (2) อิทธิพลของปัจจัยร่วมที่มีผล

รูปที่ 2.5 แสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมที่ไม่มีผลและมีผล

แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (General Factorial Design) โดยทั่วไปมีรูปแบบทั่ว ๆ ไปคือ A X B X C X ... แฟคโทเรียล เช่น 3 X 3 X 2 แฟคโทเรียล รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลที่สำคัญได้แก่

1) 2^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยเพียงแค่ 2 ระดับเท่านั้น ในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

2) 3^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับใน k ปัจจัย

เหตุที่ใช้เนื่องจากการออกแบบ 2^k แฟคทอเรียล นั้น เหมาะสมกับรูปแบบที่มีความเป็นเส้นตรง จึงจะมีความถูกต้องในการตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นหากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรงไม่ดีแล้วจะหันมาใช้แบบ 3^k แฟคทอเรียล แทนจะเหมาะสมกว่า

2.6.3.4 แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคทอเรียล (Fractional Factorial) เป็นการประยุกต์จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคทอเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมาก จึงต้องทำการตัดปัจจัยบางตัวออกโดยอาศัยหลักการคอนเฟาวด์ (Confound)

การคอนเฟาวด์ (Confounding) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของ treatment (Treatment Effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block Effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของ treatment ที่จะทำการคอนเฟาวด์ จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยเลือก treatment ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์ การคอนเฟาวด์มีปัญหาส่วนหนึ่งไม่สามารถทำการทดลองให้สมบูรณ์ได้ในหนึ่งบล็อก การคอนเฟาวด์เป็นวิธีการสำหรับปรับให้การทดลองแบบแฟคทอเรียลลงในบล็อกที่กำหนด ซึ่งขนาดของจำนวนบล็อกจะน้อยกว่าจำนวนความสัมพันธ์ของ treatment ในการทำซ้ำหนึ่งครั้ง (One Replication) โดยส่วนใหญ่จะเลือกปัจจัยร่วมในลำดับสูง ๆ (High-Order Interaction) เป็นตัวคอนเฟาวด์

1. แผนการทดลองแฟรกชั่นนอลแบบครึ่งหนึ่งของ 2^k แฟคทอเรียล การทดลองแบบนี้จะเก็บข้อมูลเพียงครึ่งหนึ่ง โดยมีสมมติฐานว่าปัจจัยร่วมในระดับสูง (High Order Interaction) ไม่มีอิทธิพลต่อค่าตอบสนองจึงไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะนำผล (Effect) ของปัจจัยร่วมในระดับสูง (High Order Interaction) ไปรวมกับผล (Effect) ของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมในระดับต่ำและใช้สัญลักษณ์เป็น 2^{k-1}

2. แผนการทดลองแฟรกชั่นนอลแบบหนึ่งในสี่ของ 2^k แฟคทอเรียล แผนการทดลองแบบนี้จะใช้สัญลักษณ์ 2^{k-2} จะมีลักษณะคล้ายแผนการทดลองแฟรกชั่นนอลแบบครึ่งหนึ่งของ 2^k แฟคทอเรียล แต่วิธีนี้จะเก็บข้อมูลเพียงหนึ่งในสี่ของแผนการทดลอง 2^k แฟคทอเรียล การวิเคราะห์ข้อมูลจะมีลักษณะคล้ายกับแผนการทดลองแบบครึ่งเดียวของ 2^k แฟคทอเรียลทุกประการ แผนการทดลองแบบนี้เหมาะสำหรับการทดลองที่มีปัจจัยมากและใช้เวลาในการเก็บข้อมูลนาน

2.6.4 การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test)

ในการทดลองแบบแฟคโทเรียลที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนด รูปแบบสุ่ม หรือรูปแบบอื่น ๆ และการออกแบบการที่ซับซ้อน บ่อยครั้งพบว่าไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของ treatment ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือ การตั้งสมมติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์ของบางอิทธิพลสามารถที่จะละเลยได้ แสดงได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างในการทดลองแฟคโทเรียลของปัจจัย 3 ปัจจัย A B และ C โดยให้

$i = 1, 2, \ldots, a$ คือ ระดับของปัจจัย A

$j = 1, 2, \ldots, b$ คือ ระดับของปัจจัย B

$k = 1, 2, \ldots, c$ คือ ระดับของปัจจัย C

$l = 1, 2, \ldots, n$ คือ จำนวนซ้ำ

สมการตัวแบบของแหล่งความผันแปรต่อตัวแปรตอบสนองคือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

โดยที่

Y คือ ค่าตัวแปรตอบสนองของการทดลอง

μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย A

β คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย B

γ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย C

$\tau\beta$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของ τ กับ β

$\tau\gamma$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของ τ กับ γ

$\beta\gamma$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของ β กับ γ

$\tau\beta\gamma$ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของ τ กับ β กับ γ

ตารางที่ 2.2 ค่าคาดหมายของกำลังสองเฉลี่ยของรูปแบบอิทธิพลสุ่มของ 3 ปัจจัย แสดงได้ดังนี้

ปัจจัย	ค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสอง
τ_i	$\sigma^2 + cn\sigma^2_{\tau\beta} + bn\sigma^2_{\tau\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + bcn\sigma^2_{\tau}$
β_j	$\sigma^2 + cn\sigma^2_{\tau\beta} + an\sigma^2_{\beta\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + acn\sigma^2_{\beta}$
γ_k	$\sigma^2 + bn\sigma^2_{\tau\gamma} + an\sigma^2_{\beta\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + abn\sigma^2_{\gamma}$
$(\tau\beta)_{ij}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + cn\sigma^2_{\tau\beta}$
$(\tau\gamma)_{ik}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + bn\sigma^2_{\tau\gamma}$
$(\beta\gamma)_{jk}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + an\sigma^2_{\beta\gamma}$
$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma}$
ε_{ijkl}	σ^2

จากการตรวจสอบค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสองพบว่า ในอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) หรืออิทธิพลของปัจจัย A ไม่สามารถที่จะทดสอบได้อย่างถูกต้องโดยที่ถ้าต้องการที่จะทดสอบสมมติฐาน $\sigma^2_{\tau} = 0$; จะไม่สามารถสร้างเศษส่วนของค่าเฉลี่ยกำลังสอง 2 ค่าที่มีเพียงเทอม $bcn\sigma^2_{\tau}$ อยู่ในเทอมของเศษ นอกเหนือจากนั้นอยู่ในเทอมของส่วน ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเกิดขึ้นกับอิทธิพลของปัจจัยหลัก B และ C ด้วย ซึ่งในการทดลองส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองจะสนใจและให้ความสำคัญกับอิทธิพลของปัจจัยหลัก ฉะนั้นหากทำการละเลยอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ของ 2 ปัจจัยหรือกำหนดให้ $\sigma^2_{\tau\beta} = \sigma^2_{\beta\gamma} = \sigma^2_{\tau\gamma} = 0$ ก็จะทำให้การทดสอบอิทธิพลของปัจจัยหลักมีความถูกต้องมากขึ้น

ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ในลักษณะนี้จะน่าสนใจและเป็นไปได้ แต่ในการที่จะละเลยอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์นั้นต้องอาศัยความรู้และข้อมูลในอดีตอย่างมากพอ

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะทำการวิเคราะห์โดยการทำการรวมค่าเฉลี่ยกำลังสองและประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยขั้นของความอิสระ (df) ที่มากขึ้น ดังในตัวอย่าง ถ้าหากตัวทดสอบ $F = MS_{ABC} / MS_E$ ไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก $H : \sigma^2_{\tau\beta\gamma} = 0$ จึงประมาณความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ^2) จากค่าเฉลี่ยกำลังสองของ treatment ABC (MS_{ABC}) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MS_E) และการรวมกันของค่าเฉลี่ยกำลังสองเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนใหม่ (MS_E) ทำได้โดย

$$MS_E = \frac{[abc\,(n-1)\,MS_E + (a-1)(b-1)(c-1)\,MS_{ABC}]}{abc\,(n-1) + (a-1)(b-1)(c-1)}$$

$E(MS_E) = \sigma^2$

$E(MS_E)$ คือ ค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

สังเกตได้ว่า ขั้นของความอิสระของค่าเฉลี่ยกำลังสองจะเพิ่มขึ้น ข้อควรระวังคือ ถ้าหาก treatment นั้นมีอิทธิพลกับค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังสองที่ได้ใหม่มีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำการตรวจพบอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เป็นไปได้ยากขึ้น แต่ในอีกแง่หนึ่งหากค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนแต่เดิมมีขั้นของความอิสระน้อย การเพิ่มเติมโดยการรวมจะสามารถช่วยเพิ่มความละเอียดของการทดสอบได้

2.6.5 แผนการทดลองอื่น ๆ

- แผนการทดลองลาตินสแควร์ (Latin Squares Design)
- แผนการทดลองเนสเต็ด (Nested Design)
- แผนการทดลองสปลิทพล็อท (Split Plot Design)

2.7 การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นเครื่องมือสำคัญในระบบงานของด้านวิศวกรรมสำหรับการเพิ่มสมรรถนะของกรรมวิธีการผลิตของกระบวนการ ซึ่งมักจะทำให้เกิดการพัฒนาในกระบวนการใหม่ การประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองในการพัฒนากระบวนการสามารถพิจารณาในรูปแบบต่อไปนี้

2.7.1 การเพิ่มผลผลิตของกระบวนการ

2.7.2 ลดความผันแปรของกระบวนการและกระบวนการมีค่าใกล้เคียงกับเป้าหมายที่ต้องการ

2.7.3 ลดเวลาที่ต้องใช้ในการพัฒนา

2.7.4 ลดต้นทุนโดยรวมของกระบวนการ

วิธีการออกแบบการทดลองมีบทบาทอย่างมากในการออกแบบทางวิศวกรรมทำให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกมา การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการออกแบบทางวิศวกรรมจะรวมถึงสิ่งต่อไปนี้

1. การประเมินและเปรียบเทียบของพื้นฐานการออกแบบ
2. การประเมินทางเลือกของวัสดุ
3. เลือกพารามิเตอร์ของการออกแบบที่เมื่อพารามิเตอร์นั้นมีการเปลี่ยนแปลงจะไม่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์
4. หาพารามิเตอร์ในการออกแบบที่มีผลต่อสมรรถภาพของผลิตภัณฑ์

การใช้การออกแบบการทดลองในลักษณะนี้สามารถส่งผลต่อผลิตภัณฑ์คือ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกรรมวิธีการผลิตที่ง่ายกว่า มีความน่าเชื่อถือ มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่า และระยะเวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สั้นกว่า

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัย 4 ปัจจัย คือ อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบและชนิดน้ำหนักกดที่มีผลแรงดึงระหว่าง Slider และ Hexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ โดยใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งพบว่ามีปัจจัยเพียง 3 ชนิดที่มีผลต่อแรงดึงคือ อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบและเวลาในการอบ การทดลองแฟกทอเรียลถูกนำมาใช้อีกครั้ง โดยมีการทำซ้ำ (Replication) ของแต่ละปัจจัยเพิ่มขึ้น

จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาสมที่ทำให้หัวอ่านเขียนมีค่าแรงดึงสูงสุดคือ อัตราส่วนผสม 4 : 1 อุณหภูมิในการอบ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาในการอบ 16 นาที และเมื่อนำค่าแรงดึงที่ได้ไปเปรียบเทียบในเชิงสถิติกับค่าแรงดึงหัวอ่านเขียนในปัจจุบันพบว่า ค่าแรงดึงเฉลี่ยที่สภาวะใหม่ที่มีค่าสูงกว่าค่าแรงดึงที่เป็นอยู่ในสภาวะปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กฤษดา อัศวรุ่งแสงดุล

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองมาทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัย 5 ปัจจัยคือ ความเร็วรอบในการตัดความลึกของใบมีดในการตัด อัตราการป้อนตัด จำนวนครั้งในการเดินลับมีด และทิศทางในการตัดที่มีผลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวในกระบวนการตัดขั้นตอนสุดท้ายของการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ และหาเงื่อนไขและวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม โดยใช้แผนการทดลองแฟรกชั่นนอลแบบครึ่งหนึ่งของวิธีแฟคทอเรียลโดยทุกปัจจัยมีระดับของปัจจัย 2 ระดับ

จากการทดลองพบว่าสภาวะการตัดที่เหมาะสมในการตัดคือ ความเร็วรอบในการตัด 8,500 รอบต่อนาทีและทิศทางการตัดจากด้านโพลสู่ด้านเทเปอร์ แต่สัดส่วนของเสียไม่ได้ลดลงตามต้องการ จึงได้เลือกปัจจัยความถี่ในการลับใบมีดระหว่างการใช้งาน ซึ่งกำหนดให้มีระดับของปัจจัย 3 ระดับแล้วใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยเดียว หลังจากทำการทดลองพบว่าใช้ความถี่ในการลับมีดทุก ๆ การตัด 1 ครั้งจะทำให้จำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวต่ำสุด

ทศพล เกียรติเจริญผล

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการของการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองมาทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัย 4 ปัจจัยคือ ชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ อุณหภูมิบ่ม เวลาที่ใช้ในการบ่มที่มีผลต่อลักษณะของผิวเคลือบแลกเกอร์ โดยทำการทดสอบลักษณะของผิวเคลือบแลกเกอร์ 6 ลักษณะคือ การทดสอบความยืดหยุ่น การทดสอบการทนต่อการขีดข่วน การทดสอบการทนต่อการขัดถู การทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ การทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะระหว่างแลกเกอร์กับเนื้อเหล็ก และการทดสอบการหลุดลอกของแลกเกอร์จากการต้มฆ่าเชื้อและทำการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

จากการทดลองโดยอาศัยผลการทดสอบลักษณะผิวเคลือบแลกเกอร์ทั้ง 6 ด้าน หาเงื่อนไขที่เหมาะสมได้ดังนี้คือ แลกเกอร์ชนิด Z น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ 8-9 กรัมต่อตารางเมตร อุณหภูมิบ่ม 205 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการบ่ม 13 นาที

สุขชีพ โลพันธ์ศรี

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาถึงการใช้เม็ดมีดกลึงสำเร็จรูปที่เป็นวัสดุคาร์ไบด์เคลือบผิวและวัสดุเซรามิกในการกลึงชิ้นงานที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเท่าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) ศึกษาผลกระทบของอัตราป้อนและความเร็วตัดของมีดกลึงที่มีต่อความสึกหรอของใบมีดและความเรียบผิวของชิ้นงานสำหรับงานกลึงละเอียด
2) ศึกษาอายุการใช้งานที่กำหนดจากความสึกหรอของมีดกลึงและความเรียบผิวของชิ้นงาน เพื่อให้ได้จุดที่สภาวะเงื่อนไขการตัดที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด

จากการทดลองพบว่า ความเร็วตัดและอัตราการป้อนใบมีดจะมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกลึงกล่าวคือเมื่อเพิ่มความเร็วตัดและอัตราป้อนเพิ่มขึ้น การสึกหรอก็จะเพิ่มมากขึ้นโดยอัตราป้อนใบมีดมีผลกระทบน้อยกว่าความเร็วตัด นอกจากนี้อัตราป้อนใบมีดยังมีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงานคือเมื่ออัตราป้อนใบมีดเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ชิ้นงานมีความเรียบผิวที่มีแนวโน้มลดลง

ไสว สุขวิทยาวงษ์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการศึกษาหาสภาวะการที่ตัดที่เหมาะที่สุด ซึ่งประกอบด้วยความเร็วในการตัดและอัตราการป้อนตัดระหว่างมีดตัดคาร์ไบด์และมีดตัดโค๊ตซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการตัดต่อชิ้นงานต่ำที่สุด พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการตัดของมีดทั้งสอง

การวิจัยได้ใช้วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็ก AISI 1045 ณ จุดสภาวะการตัดหนึ่ง ๆ ได้ทำการศึกษาความสึกหรอและอายุการใช้งานของมีดตัด เพื่อใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการตัดชิ้นงาน หลังจากนั้นทำการพิจารณาหาสภาวะการตัดที่ดีกว่าด้วยวิธีการของ Optimum Gradient Method จนกระทั่งสามารถกำหนดสภาวะการตัดที่เหมาะสมที่สุดที่ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการตัดต่ำที่สุด

คำรณ พิทักษ์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะและวิธีการที่เหมาะสมในการนำไปใช้กะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยเครื่องเหวี่ยง การวิจัยได้ทดลองหาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เช่น ขนาดของเมล็ด ความชื้นของเมล็ดก่อนจะมีการกะเทาะ ความเร็วของเมล็ด และอุณหภูมิในการทอด เป็นต้น

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัยโดยวิธีการทางสถิติและกราฟ ก็จะทำให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และได้สภาวะที่เหมาะสมไปใช้ในการกะเทาะด้วยเครื่องเหวี่ยงจริง ๆ จะได้เปอร์เซ็นต์ในประกบคู่ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

สมเจตน์ สังหพันธุ์

การศึกษานี้ได้ผลของเงื่อนไขการทำงานที่สภาวะการทำงานต่าง ๆ ของขบวนการแปรรูปโลหะด้วยวิธีอีดีเอ็มที่มีต่อลักษณะเฉพาะที่สำคัญของกรรมวิธี 4 ประการคือ อัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอของอีเล็ดโตรด ความหยาบของผิวงาน และระยะดิสชาร์จ การทดลองโดยการแปรค่ากระแสดิสชาร์จในช่วง 9.85 - 30.5 A และระยะพัลส์ 50 - 1000 μs โดยการใช้ทองแดงและอลูมิเนียมเป็นอีเล็กโตรดกัดชิ้นงานซึ่งเป็นเหล็กกล้า AISI 4140

ผลการทดลองพบว่า การเพิ่มของกระแสดิสชาร์จมีผลต่อการเพิ่มของทั้งอัตราการกัดเนื้อโลหะ อัตราการสึกหรอของอีเล็คโตรด ความหยาบของผิวงาน และระยะดิสชาร์จ ส่วนการเพิ่มระยะพัลส์มีผลต่อการเพิ่มความหยาบของผิวงานและระยะดิสชาร์จ อัตราการกัดเนื้อโลหะจะมีค่าสูงสุดเมื่อระยะพัลส์อยู่ในช่วง 200-500 μs อัตราการสึกหรอของอีเล็คโตรดเมื่อใช้ทองแดงเป็นอีเล็คโตรดจะลดลงเมื่อระยะพัลส์มีค่าสูงขึ้น

สุทธิวัฒน์ มหัศฆปกรณ์

การศึกษาปัจจัยของกรรมวิธีการเชื่อมระบบ TIG ที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของรอยเชื่อมสำหรับท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกชนิด SUS 436L โดยการทดลองเชื่อมตามหลักการออกแบบการทดลอง กำหนดค่าของปัจจัยที่ระดับสูงและระดับต่ำลงในเงื่อนไขการทดลองจำนวน 8 เงื่อนไข เพื่อทำการทดลองเชื่อมโดยใช้ค่าของปัจจัยตามที่กำหนดไว้ นำท่อที่ได้จากการทดลองเชื่อมมาทำการทดสอบทางกล วัดค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของตะเข็บเชื่อมและเส้นผ่านศูนย์กลางขยายของชิ้นงานทดสอบการบานท่อ ประกอบกับการดูภาพโครงสร้างทางโลหะบริเวณแนวเชื่อม จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์พร้อมกับนำค่าของปัจจัยไปลองใช้งาน