บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

อิทธิพลการเชื่อมซ้อนแนวของกระบวนการ GMAW ต่อสมบัติการเชื่อมโลหะต่างชนิดระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำกับเหล็กกล้าไร้สนิม โดยมีวิธี และขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูล จากตำรา เอกสาร วารสาร รวมทั้งงานวิจัยทั้งภายในและต่างประเทศ ที่มีเนื้อหาใกล้เคียงหรือลักษณะการของการวิจัยเดียวกันจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ห้องสมุดของสถาบันอุดมศึกษา ตลอดจนศึกษาจากประสบการณ์การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการเชื่อม และจากการสนทนา สอบถามข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เพื่อใช้เป็นแนวทางศึกษาและการดำเนินการวิจัย

3.2 กำหนดปัจจัยการทดลอง

เมื่อได้แนวทางในการดำเนินการวิจัยแล้ว ได้กำหนดปัจจัยที่ใช้ในการวิจัยเพื่อให้เกิดความแตกต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ ซึ่งสามารถที่จะสร้างองค์ความรู้ใหม่จากงานวิจัยนี้ได้ และสามารถนำไปใช้งานได้จริง จึงได้กำหนดปัจจัยในการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ความเร็วเชื่อม และการเชื่อมซ้อนแนว

3.3 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

1. เครื่องเชื่อม CIGWELD TRANSMIG 400 เป็นเครื่องเชื่อมใช้ไฟกระแสสลับ 380 Volt 3 เฟส 50 Hz ให้กระแสไฟเชื่อมสูงสุดที่ 400 Amp. มีค่า Duty Cycle 60 % ที่ 350 Amp.

รูปที่ 3.1 เครื่องเชื่อม CIGWELD TRANSMIG 400

2. เครื่องตัดแก๊สแบบเส้นตรงขับด้วยมอเตอร์ ยี่ห้อTANAKA KT-5N เป็นเครื่องตัดกึ่งอัตโนมัติ มีความเร็วในการตัด 100-8000 มิลลิเมตร / นาที ใช้กระแสไฟสลับ 220 โวลต์

รูปที่ 3.2 เครื่องตัดแก๊สแบบเส้นตรงขับด้วยมอเตอร์ประกอบกับหัวเชื่อม

3. เครื่องกัด LiLian มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า สามารถควบคุมการ ทำงานด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 60-3000 รอบ/นาที โดยใช้บากหน้างานให้เป็นรูปตัว V มุมรวม 40°

รูปที่ 3.3 เครื่องกัด LiLian

4. เครื่องทดสอบแรงดึง Shimadzu Autograf รุ่น AG-25 TB ใช้สำหรับทดสอบ การดึงงานที่เตรียมไว้ตามมาตรฐาน ASME โดยเริ่มจากการตัด (Wire Cut) ชิ้นงานสำหรับทดสอบให้ ได้ขนาดตามมาตรฐานที่ต้องการทดสอบ เช็ดสารหล่อลื่นที่ติดมากับชิ้นงานที่กัดเสร็จแล้วให้สะอาด เพื่อป้องกันการเลื่อน (Slip) ของชิ้นงานจากหัวจับขณะทำการดึง ตรวจสอบความเรียบของชิ้นงาน ทำ การวัดและบันทึกค่าขนาดของชิ้นทดสอบที่ได้จากการเตรียมและตรวจเช็คค่า Dimension ของชิ้นงานทดสอบอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ของมาตรฐานทดสอบเพื่อหาค่าแรงดึงสูงสุดและต่ำสุดของชิ้นงาน

รูปที่ 3.4 เครื่องทดสอบแรงดึง Shimadzu Autograf รุ่น AG-25 TB

5. กล้องจุลทรรศน์ (Microscope) มีความละเอียด 395 x 515 พิกเซล – 82 k – jpg ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของชิ้นงานที่มีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด-ต่ำสุด ความแข็งของชิ้นงานเชื่อมที่ HAZ และบริเวณ เนื้อเชื่อม

รูปที่ 3.5 กล□องจุลทรรศน์

6. เครื่องขัดผิวมัน (Polishing) ใช้สำหรับขัดละเอียดเพื่อวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและโครงสร้างมหาภาค เพื่อศึกษาโครงสร้างเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าคาร์บอน

รูปที่ 3.6 เครื่องขัดผิวมัน

3.3.2 วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

1. เหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ขนาด 100 × 130 × 10 mm.
2. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ขนาด 100 × 130 × 10 mm.
3. ลวดเชื่อม ER 308L ขนาดลวด 1.2 mm.
4. ลวดเชื่อม ER 70S ขนาดลวด 1.2 mm.

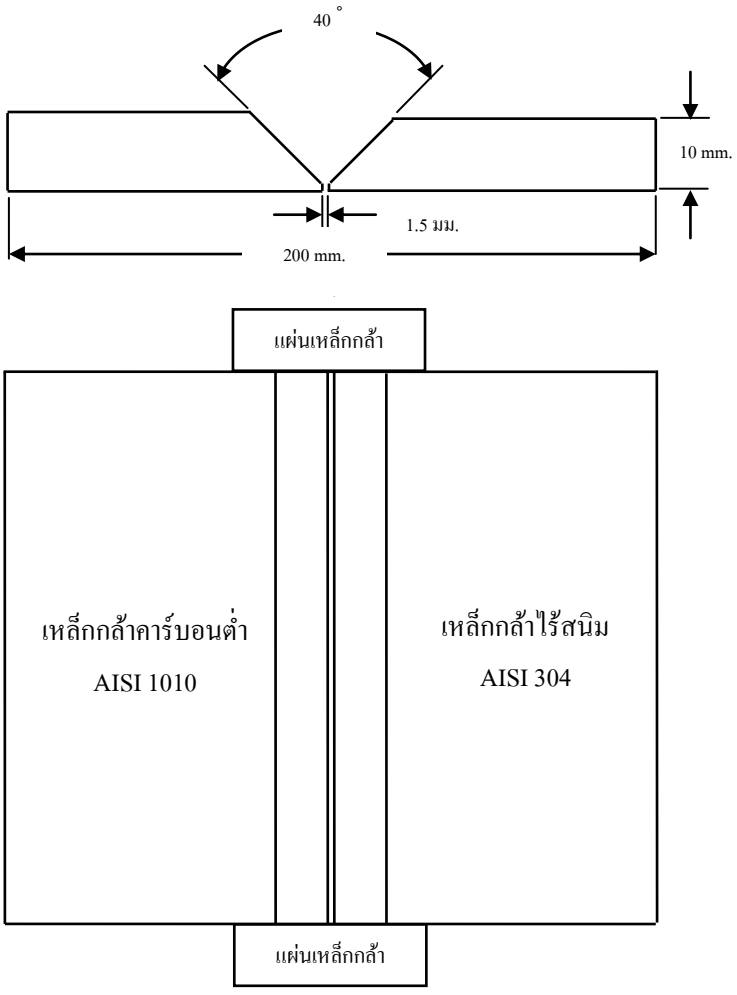
3.4 การเตรียมชิ้นงานเชื่อม

การเตรียมชิ้นบัดกรีแข็งด้วยกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สคลุม (Gas Metal Arc Welding :GMAW) เพื่อศึกษาสมบัติทางกล การทดสอบแรงดึง และการทดสอบความแข็งได้กำหนดตามมาตรฐาน American Society of Mechanical Engineers (ASME) 2001 Edition โดยมีขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานทดลอง ดังนี้

1. ตัดเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 ขนาด 100 × 130 × 10 mm. บากหน้างานมุมเอียง 20° จำนวน 18 ชิ้น

2. ตัดเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI 1010 ขนาด 100 × 130 × 10 mm. บากหน้างานมุมเอียง 20° จำนวน 18 ชิ้น

3. เชื่อมประกอบชิ้นงานแบบต่อชนบากร่องวี และทำการการเชื่อมยึดบริเวณหัว-ท้าย ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการบากหน้างานและ แสดงการวางหัว-ท้ายด้วยแผ่นเหล็กกล้า

3.5 การทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)

เพื่อให้ได้ระดับของตัวแปร ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ที่ส่งผลต่อผลการทดลองที่ถูกต้องมีความเที่ยงตรง น่าเชื่อถือ จึงได้มีปฏิบัติการทดลองเบื้องต้นเอาไว้ เพื่อหาระดับความเร็วในการเดินแนวเชื่อม และลักษณะชั้นการเชื่อมซ้อนแนว ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการศึกษา เพื่อใช้เป็นบรรทัดฐานในการปรับระดับของตัวแปร ส่วนระยะอาร์ค มุมของหัวเชื่อม และเทคนิคการเชื่อมกำหนดให้เป็นตัวค่าคงที่

ตารางที่ 3.1 แสดงแผนผังการทดลองเบื้องต้น (Pilot Study)

ความเร็วในการเชื่อม mm/min		การเชื่อมซ้อนแนว		
		A	B	C
350	1	2		5
	2			
365	1			
	2			
380	1			
	2	18		16

หมายเหตุ

A : แนวที่ 1 ลวดเชื่อม ER 70S Wire speed 3.8 mm./min., Coarse:MED Fine: 12 (กระแสไฟ 210 Amp.)

แนวที่ 2 ลวดเชื่อม ER 308L Wire speed 2.5 mm./min., Coarse:MED Fine: 9 (กระแสไฟ 160 Amp.)

แนวที่ 3 ลวดเชื่อม ER 308L Wire speed 3.8 mm./min., Coarse:MED Fine: 12 (กระแสไฟ 210 Amp.)

B : แนวที่ 1 ลวดเชื่อม ER 70S Wire speed 3.8 mm./min., Coarse:MED Fine: 12 (กระแสไฟ 210 Amp.

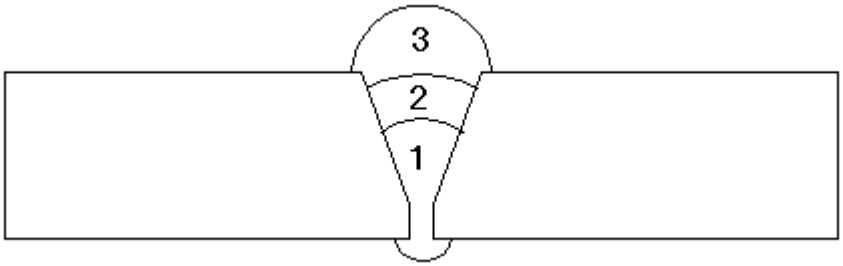
แนวที่ 2 ลวดเชื่อม ER 70S Wire speed 2.5 mm./min., Coarse:MED Fine: 9(กระแสไฟ 160 Amp.)

แนวที่ 3 ลวดเชื่อม ER 308L Wire speed 3.8 mm./min., Coarse:MED Fine: 12(กระแสไฟ 210 Amp.)

C : แนวที่ 1 ลวดเชื่อม ER 308L Wire speed 3.8 mm./min., Coarse:MED Fine: 12(กระแสไฟ 210 Amp.)

แนวที่ 2 ลวดเชื่อม ER 308L Wire speed 2.5 mm./min., Coarse:MED Fine: 9(กระแสไฟ 160 Amp.)

แนวที่ 3 ลวดเชื่อม ER 308L Wire speed 3.8 mm./min., Coarse:MED Fine: 12(กระแสไฟ 210 Amp.)



รูปที่ 3.8 แสดงวิธีการเชื่อมซ้อนแนว

3.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experimental)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อให้การทดลองมีระเบียบแบบแผน มีระบบภายใต้การควบคุมสภาพการณ์ ตัวแปร หรืออิทธิพลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อสังเกตหรือวัดผล ปราศจากความลำเอียง และสามารถจัดกระทำซ้ำ ๆ และทดสอบได้ผลอีก งานวิจันนี้ออกแบบการทดลองเป็นแบบ 2 ปัจจัย ตัวแปรที่มีความสนใจที่ศึกษาที่มีผลต่อสมบัติทางกล และ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างบริเวณรอยเชื่อม (Weld metal) และบริเวณกระทบร้อน (HAZ) ได้แก่ ความเร็วเชื่อม ลักษณะชั้นการเชื่อมซ้อนแนว ซึ่งทั้งสองปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ และทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ซึ่งมีแผ่นการทดลองดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงแผนผังการออกแบบการทดลอง

ความเร็วในการเชื่อม mm/min		การเชื่อมซ้อนแนว		
		A	B	C
350	1	2	3	5
	2	11	9	15
365	1	4	1	6
	2	17	14	10
380	1	12	7	13
	2	18	8	16

3.7 การดำเนินการทดลอง

1. ปรับตัวแปรการเชื่อม (Set Up) เช่น กระแสไฟเชื่อม ความเร็วในการเชื่อม ความเร็วในการป้อนลวดเชื่อม มุมหัวเชื่อม ระยะอาร์ค และอัตราการไหลของแก๊สปกคลุม Ar : 20 L/min., Co_2 : 3 L/min

2. ทำความสะอาดชิ้นงานบริเวณรอยบาก เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก เช่น คาบน้ำมัน ไขมัน และ สิ่งสกปรก

3. วางชิ้นงานเชื่อมในตำแหน่ง 1 G (ท่าราบ) บนแผ่นรองหลังงาน จับยึดชิ้นงานด้วยจิ๊ก

4. เริ่มต้นเชื่อมแนวที่ 1 แนวซึมลึก จากแผนยึดชิ้นงาน จนไปสิ้นสุดที่แผ่นยึดชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง ให้ครบทั้ง 18 ชิ้น เชื่อมเสร็จปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ

5. ทำการเชื่อมแนวที่ 2 จากแผนยึดชิ้นงาน จนไปสิ้นสุดที่แผ่นยึดชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง ให้ครบทั้ง 18 ชิ้น เชื่อมเสร็จปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ

6. ทำการเชื่อมแนวที่ 3 จากแผนยึดชิ้นงาน จนไปสิ้นสุดที่แผ่นยึดชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง ให้ครบทั้ง 18 ชิ้น เชื่อมเสร็จปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ

7. เมื่อเปลี่ยนตัวแปรการเชื่อม ก็เริ่มปฏิบัติการปรับตัวแปรการเชื่อม (Set Up) ใหม่

8. การปฏิบัติการเชื่อมเพื่อเก็บข้อมูลเป็นการทดลองโดยการสุ่ม (ดังตารางที่ 3.2)

3.8 การตรวจสอบและเก็บข้อมูล

ลำดับขั้นตอนในการตรวจสอบ และการเก็บข้อมูลจากการทดลอง สามารถลำดับขั้นตอนได้ ดังนี้

3.8.1 การตรวจสอบด้วยสายตา

1 การตรวจสอบก่อนการเชื่อม ทำการตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องเชื่อม การจับยึดของสายดิน (Ground Clamp) มุมของหัวเชื่อม ระยะอาร์ค การจับยึดชิ้นงาน ตลอดจนตำแหน่งการวางของชิ้นทดลอง การจับยึดชิ้นงานด้วยจิ๊ก

2 การตรวจสอบระหว่างการเชื่อม ทำการตรวจสอบตั้งแต่การเริ่มต้นอาร์ค ในระหว่างการอาร์ค และสิ้นสุดการอาร์ค โดยสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเชื่อม เช่น เสียงอาร์ค ความรุนแรงของการอาร์ค เขม่า ควัน และสะเก็ดของเม็ดโลหะ (Spatter) ที่กระเด็นออกมา

3. การตรวจสอบหลังการเชื่อม ทำการตรวจสอบดูบริเวณรอยเชื่อม ผิวของรอยเชื่อม คาบเขม่า และสิ่งสกปรกต่าง ๆ บริเวณรอยเชื่อม ตรวจสอบความสูง ความกว้าง ความสมบรูณ์ และจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น ความสม่ำเสมอของรอยเชื่อมตั่งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดรอยเชื่อม ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

3.8.2 การทดสองแรงดึง

ลำดับขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานในการทดสอบแรงดึง มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

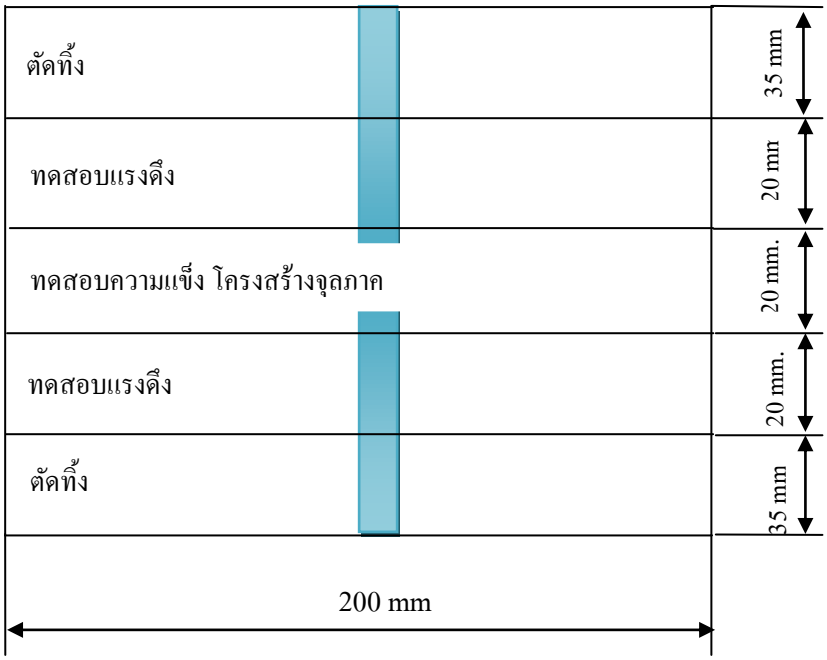
1. นำชิ้นงานทดลองที่เชื่อมเสร็จแล้วมาวางแผนการทดสอบแรงดึง และตรวจสอบโครงสร้าง ตามมาตรฐาน ASME โดยได้วางแผนไว้ ดังนี้

2. ตัดซอยชิ้นงานตามที่ได้วางแผนไว้ ด้วยเครื่อง wire cut ที่มีการหล่อเย็นด้วยน้ำ

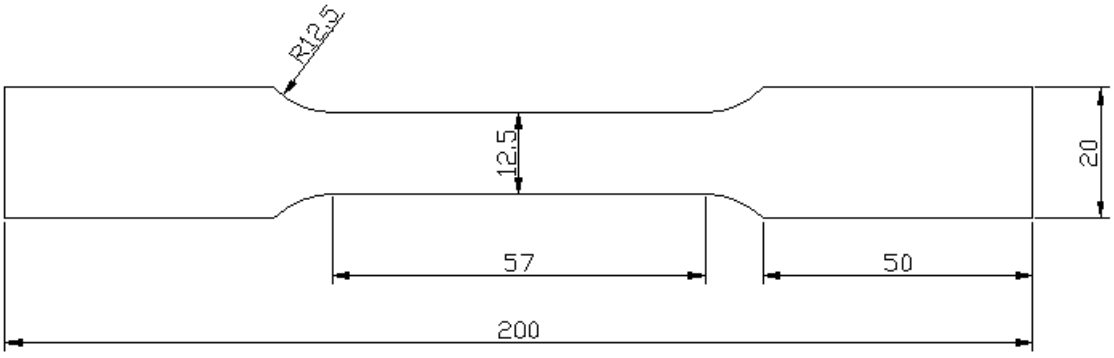
3. นำชิ้นงานที่จะนำไปทดสอบแรงดึง ไปเข้าเครื่องกัด (Milling) แนวเชื่อมทั้งด้านหน้า-ด้านหลัง (Root) ให้ได้ตามข้อกำหนดของมาตรฐานในการทดสอบแรงดึง ดังแสดงในรูปที่ 3.10

4. นำชิ้นงานทดสอบ (Specimen) ไปเข้าเครื่องทดสอบแรงดึง (Tensile Test) จนชิ้นงานทดสอบฉีกแยกออกจากกันเป็นสองชิ้น

5. เก็บและบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ กระทำเช่นนี้จนครบทั้ง 36 ชิ้น



รูปที่ 3.9 แสดงการออกแบบชิ้นงานเชื่อม เพื่อตัดทำการทดสอบ แรงดึงและการศึกษาโครงสร้างจุลภาค



รูปที่ 3.10 แสดงการออกแบบการทดสอบชิ้นงานเชื่อม

3.8.3 การทดสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาค

1. การเตรียมชิ้นงานทดสอบ(Specimen)
2. การปรับระดับผิวหน้าของชิ้นงานทดสอบ ด้วยเครื่องขัดกระดาษทรายแบบสายพาน
3. การขัดด้วยกระดาษทราย (Grinding) ด้วยเบอร์ 150 – 1,200
4. การขัดมัน (Polishing)
5. การกัดด้วยสารละลาย (กรด) (Etching)

8. การตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microscopy)
9. การถ่ายภาพโครงสร้าง

3.9 สถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวอย่างงานเชื่อมในแต่ละพารามิเตอร์ โดยใช้ สถิติ ดังนี้

3.9.1 ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} xi}{n}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

$\sum xi$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

n = จำนวนของข้อมูลทั้งหมด

3.9.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ S = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

x = ข้อมูลแต่ละตัว

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ = ข้อมูลเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

n = จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

3.9.3 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

เนื่องจากงานวิจันนี้ได้ออกแบบการทดลองเป็นแบบ 2 ปัจจัย ประกอบด้วย ความเร็วการเชื่อม ลักษณะชั้นการเชื่อมซ้อนแนว แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ และทำการทดลองทั้งสิ้น 2 เรพลิเคต ดังนั้น การวิเคราะห์ความแปรปรวนจึงใช้การวิเคราะห์แบบสามทาง (Analysis of Variance) ดังนี้

เมื่อแบบจำลองทางสถิติเพื่ออธิบายข้อมูลจากการทดลองสามารถเขียนได้ ดังนี้

$$y_{ijkl} = \mu + \lambda_i + \beta_j + \gamma_k + (\lambda\beta)_{ij} + (\lambda\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\lambda\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad \begin{cases} i = 1,2,\ldots a \\ j = 1,2,\ldots b \\ k = 1,2,\ldots c \\ l = 1,2,\ldots n \end{cases}$$

3.10 การแปรผล สรุป และเขียนวิทยานิพนธ์

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติมาแปรผล สรุปผลการทดลอง แล้วเขียนลงวิทยานิพนธ์เป็นลำดับต่อไป