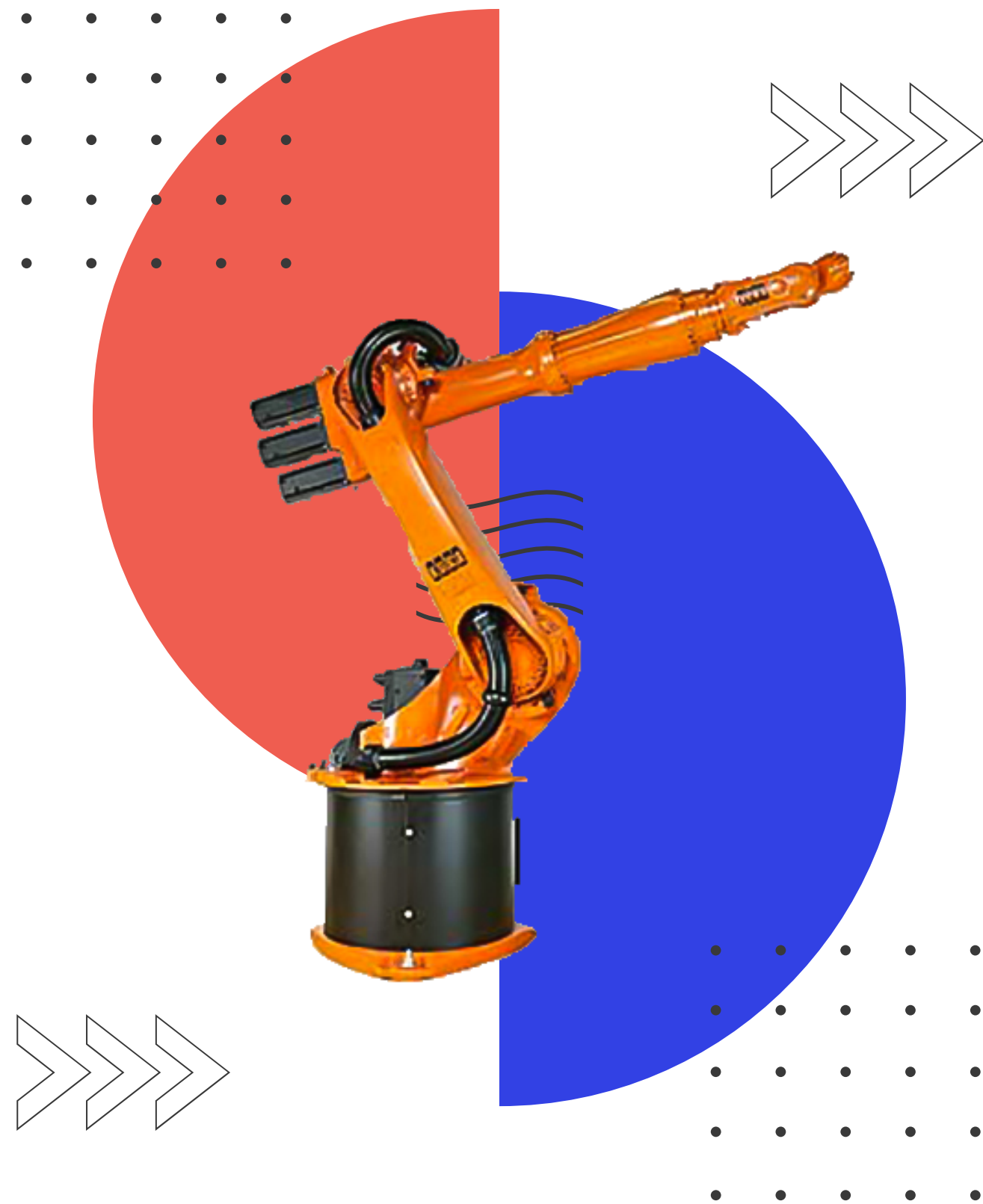




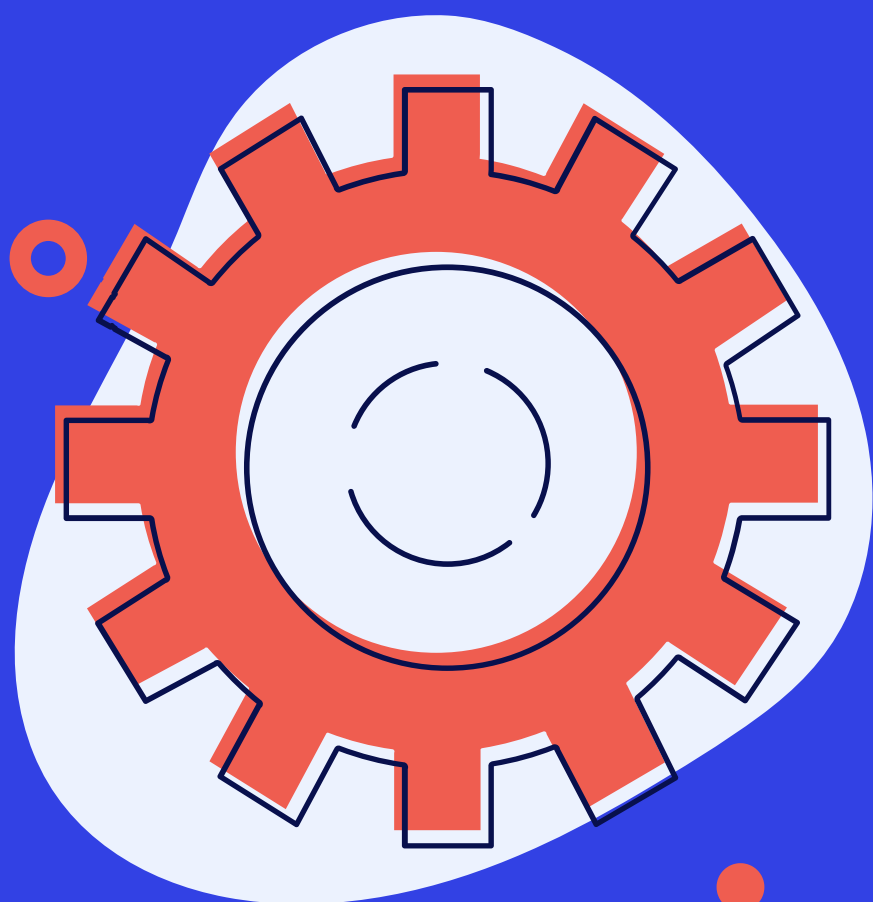
โครงการที่ 18
ผศ.ดร.วสวัชร นาคเขียว
อาจารย์ที่ปรึกษา

**การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์เสริม
เพื่อการทดลองการเชื่อม
แบบแก๊สทังสเตนอาร์คด้วยแขนกล
ของเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 316L**

Accessories Design and Installation for Experiment
of Gas Tungsten Arc Welding by Robotic Arm
on 316L Stainless Steel

วัตถุประสงค์

×



01

เพื่อออกแบบอุปกรณ์เสริมและติดตั้งเข้ากับหุ่นยนต์
แขนกลให้สามารถเชื่อมอัตโนมัติได้



02

เพื่อให้แขนกลสามารถเชื่อมชิ้นงานอัตโนมัติได้ตาม
มาตรฐานการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของ
รอยเชื่อม (มอก. 2172 เล่ม 1-2556)



วิธีการและขั้นตอน การทำงานวิจัย

เพื่อออกแบบอุปกรณ์เสริมและติดตั้งเข้ากับหุ่นยนต์แขนกลให้
สามารถเชื่อมอัตโนมัติได้ตามมาตรฐานการทดสอบความแข็งแรง
ของรอยเชื่อม

1

ออกแบบอุปกรณ์เสริมและทำการผลิตจริง

2

ศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลด้วยโปรแกรม KUKA HMI 2.0
ในการทำงานแบบอัตโนมัติ

3

เตรียมแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมโดยใช้เครื่อง
Waterjet

4

ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรง

5

ทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม

6

ทำการทดสอบแรงดึง

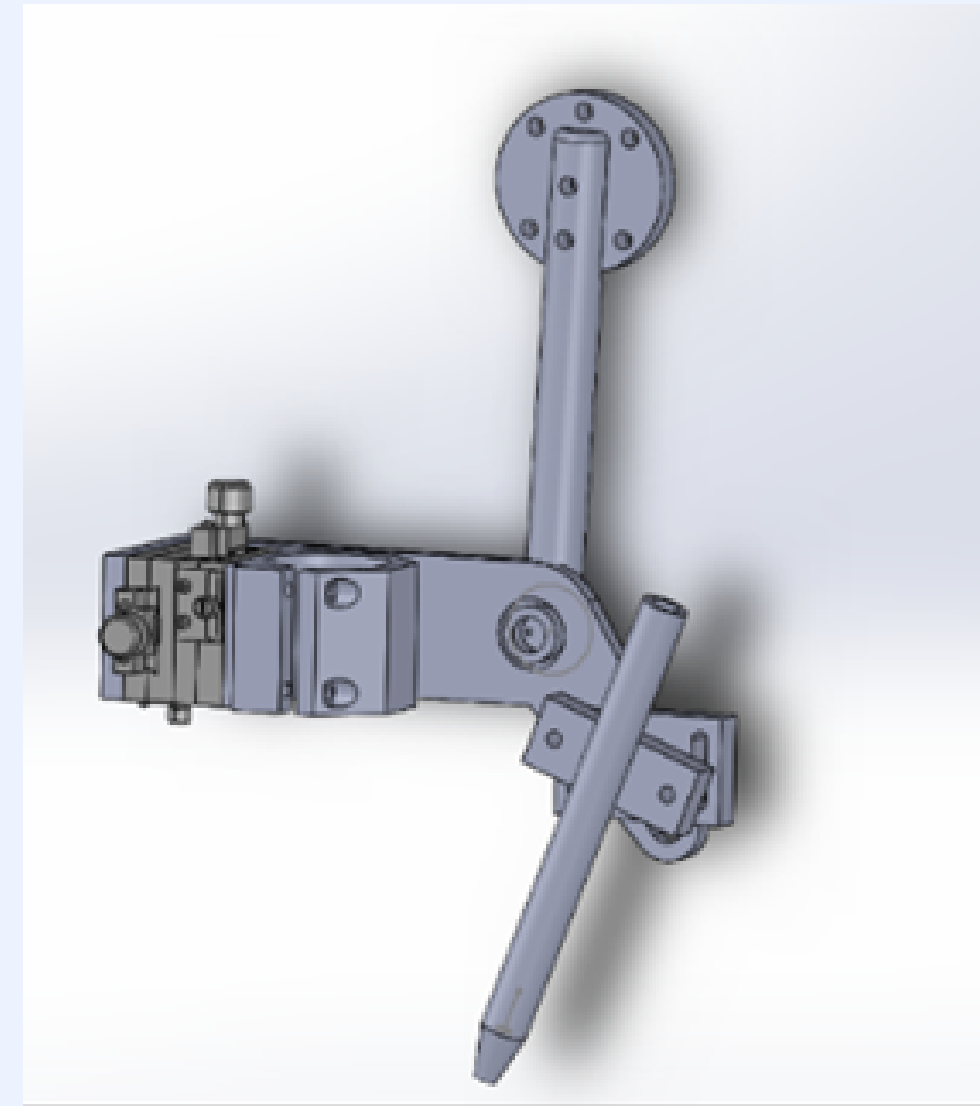
7

สรุปผลการทดลอง



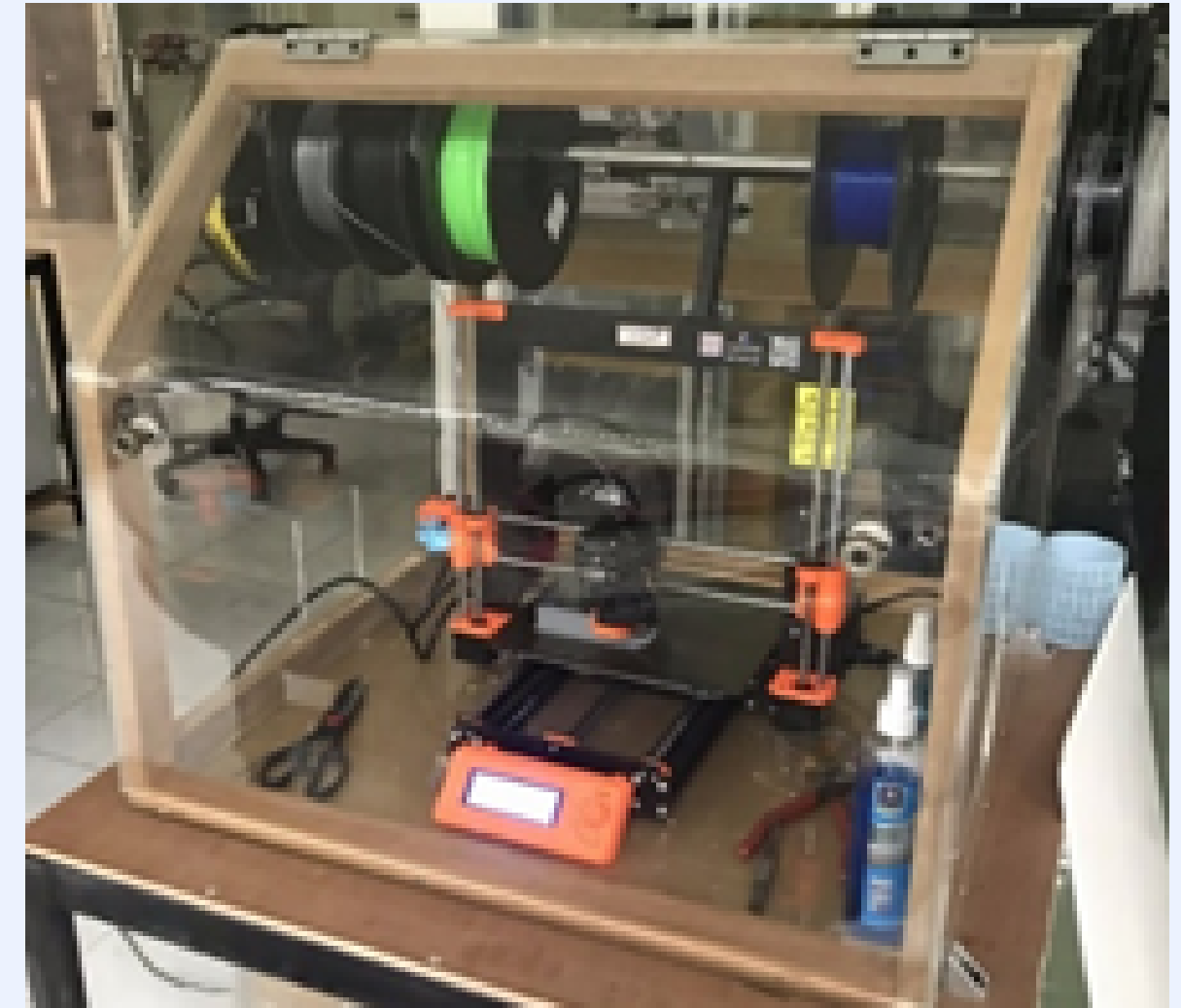
1. ออกแบบอุปกรณ์เสริม และทำการผลิตจริง

1.1 ออกแบบอุปกรณ์เสริมโดยใช้โปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solidwork) โดยหลักการออกแบบได้คำนึงถึงความง่าย (Simple) และสามารถปรับชิ้นส่วนต่างๆ ได้อย่างอิสระ (Variability) เพื่อรองรับความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น องศาในการบ่อนลวดเชื่อมไม่สัมพันธ์กับลวดเชื่อม และเพิ่มความแม่นยำ ความละเอียดในการเกิตระยะอาร์ค ในกรณีที่มีการบ่อนค่าในคอมพิวเตอร์มีความละเอียดที่ไม่เพียงพอ ก็สามารถปรับได้ที่ตัวปรับค่าด้วยมือที่ละเอียดมากยิ่งขึ้นได้โดยตรง



1. ออกแบบอุปกรณ์เสริม และทำการผลิตจริง

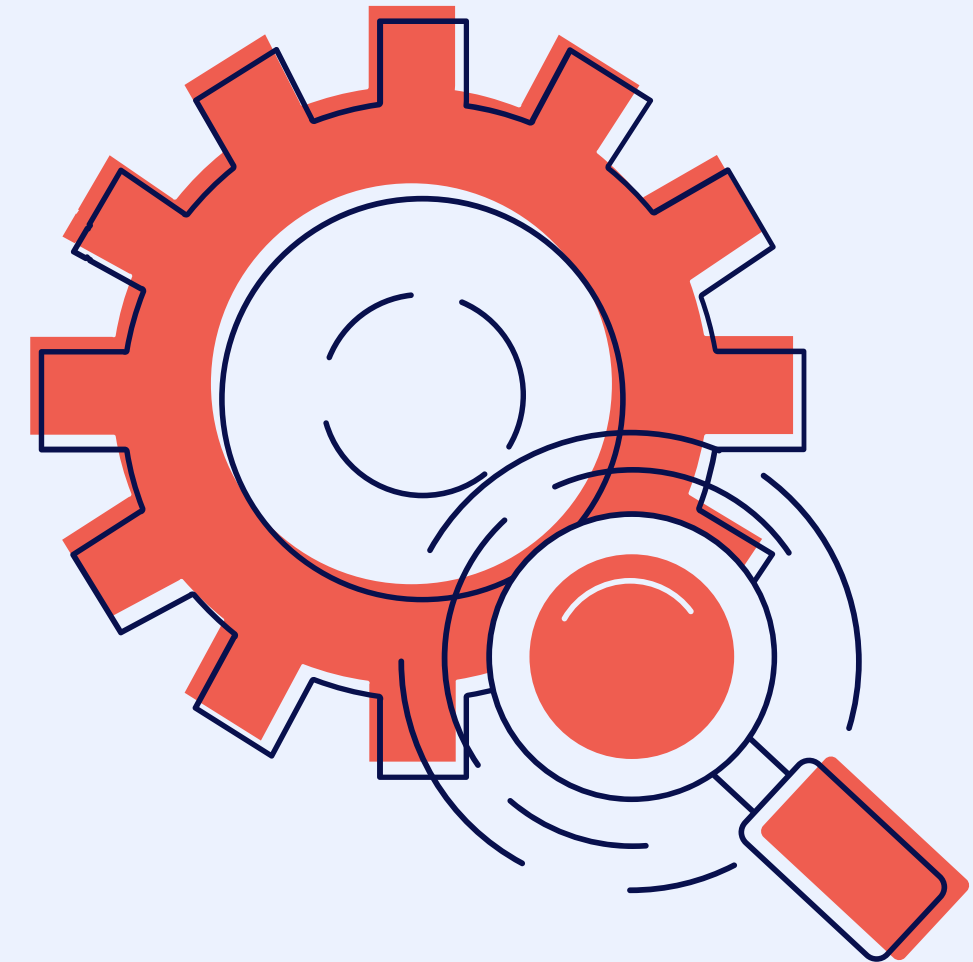
1.2 ขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวอย่างด้วย 3D Printer พิมพ์ชิ้นส่วนต้นแบบมาทดลองติดตั้ง
เข้ากับแขนกล เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของขนาดให้ได้ตามที่กำหนดและ
ทราบถึงข้อผิดพลาดของชิ้นงานต้นแบบเพื่อนำไปปรับปรุงก่อนการสั่งผลิตชิ้น
งานจริง



1. ออกแบบอุปกรณ์เสริม และทำการผลิตจริง

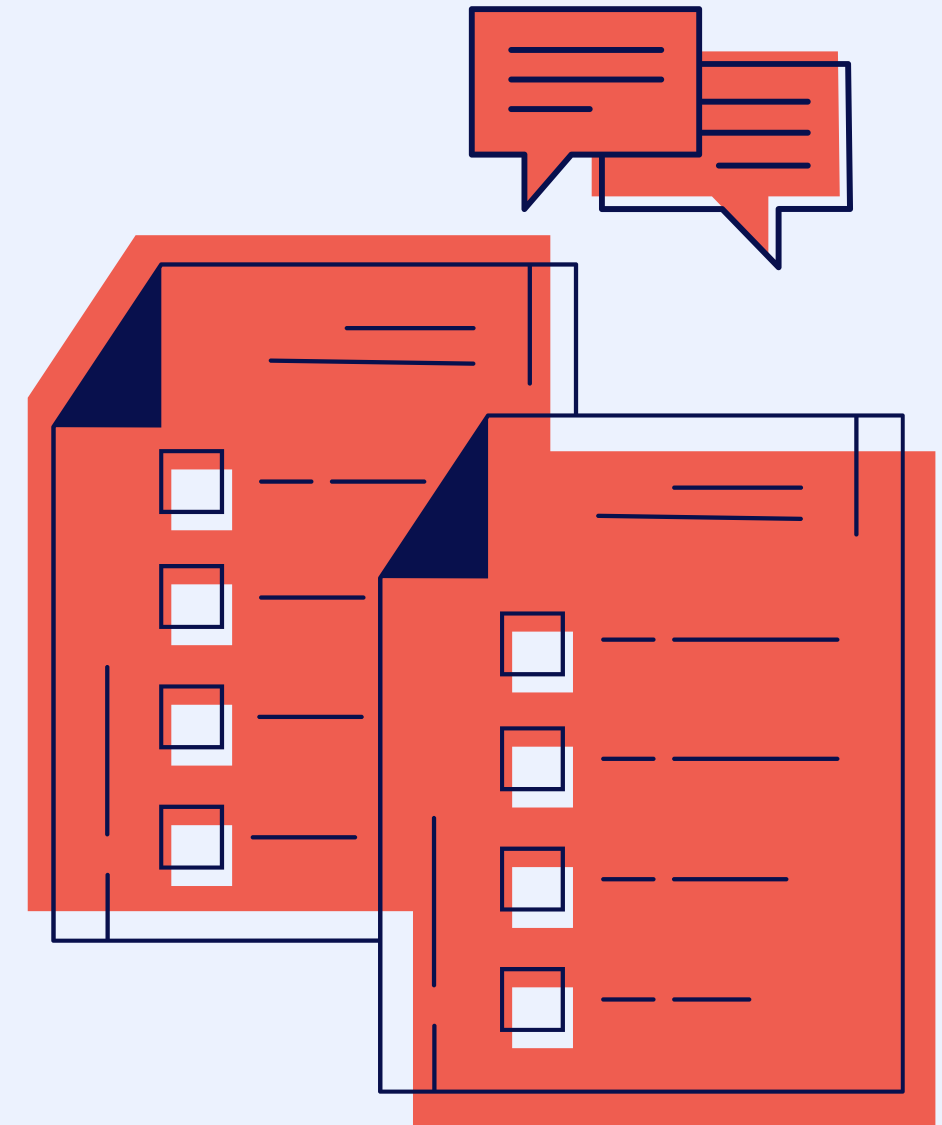
1.3 คัดเลือก Material ที่จะใช้ในการผลิตอุปกรณ์เสริม

- Stainless Steel 304
- PEEK



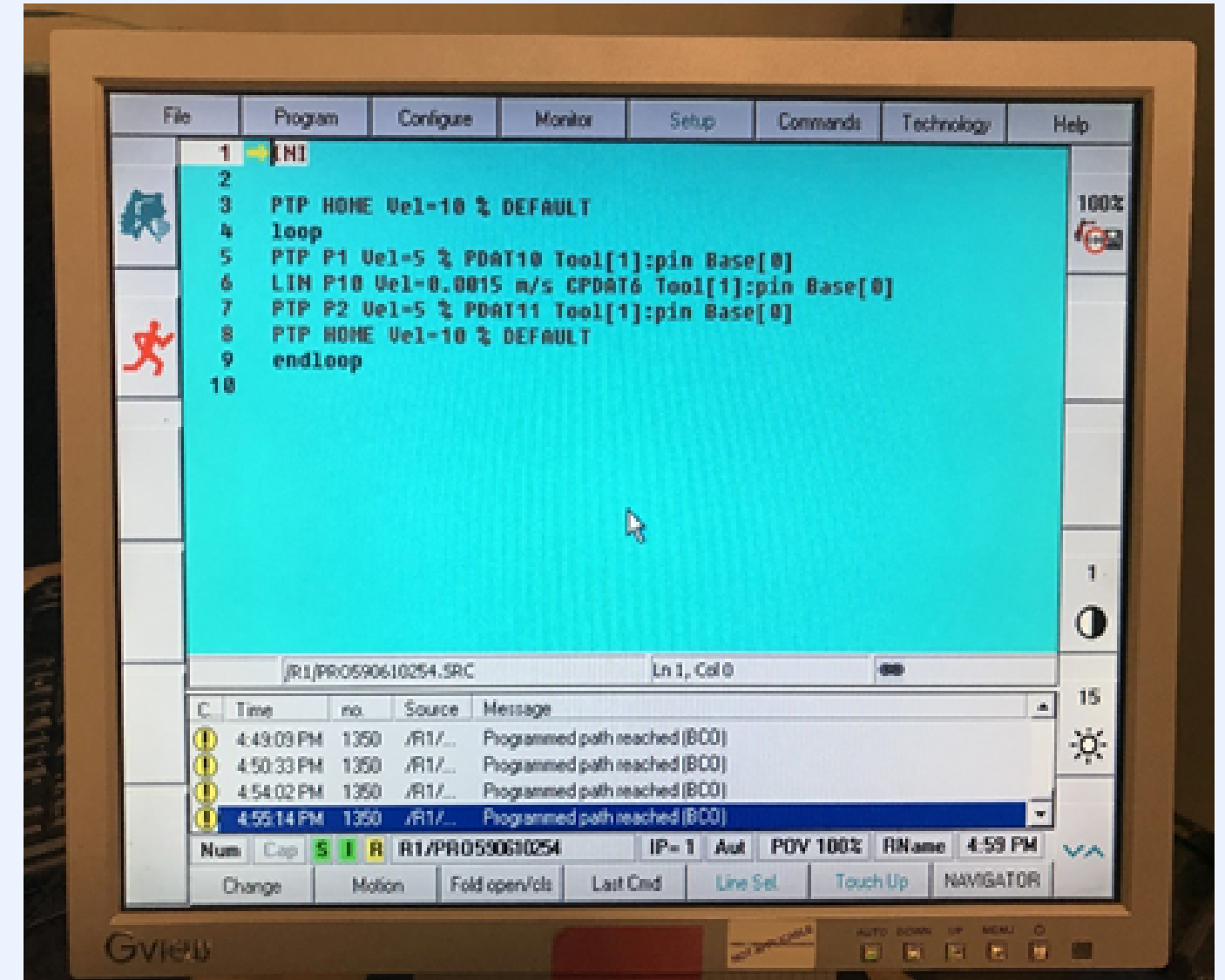
1. ออกแบบอุปกรณ์เสริม และทำการผลิตจริง

1.4 หลังจากออกแบบอุปกรณ์เสริมลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์
เลือกวัสดุที่ต้องการจะใช้กับอุปกรณ์เสริม และทำการทดสอบขนาดด้วยการทำ
พิมพ์สามมิติ (3D Print) เสร็จแล้ว จะทำการส่งแบบร่างให้ทางโรงงาน ประ
เมินราคาการสั่งผลิตชิ้นงาน หลังจากพิจารณาราคาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ก็จะวาง
มัดจำสั่งผลิต และรอรับอุปกรณ์เสริมแบบสมบูรณ์ต่อไป



2. ศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์ แบบกลด้วยโปรแกรม KUKA HMI 2.0 ในการทำงานแบบอัตโนมัติ

2.1 เมื่อศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม KUKA HMI 2.0 ที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการทำ Offline Programming สำหรับโปรแกรมสั่งการหุ่นยนต์ และทำการทดลองควบคุมหุ่นยนต์ในแบบต่าง ๆ จนได้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่จะใช้ในการเชื่อมแบบอัตโนมัติ



2. ศึกษาการควบคุมหุ่นยนต์ แบบกลด้วยโปรแกรม KUKA HMI 2.0

ในการทำงานแบบอัตโนมัติ

ลำดับการทำงานของโปรแกรม มีรายละเอียดดังนี้

1. สั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง HOME ด้วยความเร็ว 10 เปอร์เซ็นต์
โดยตัวแปร HOME จะเก็บค่าตำแหน่งปลอดภัยที่ตั้งค่าไว้

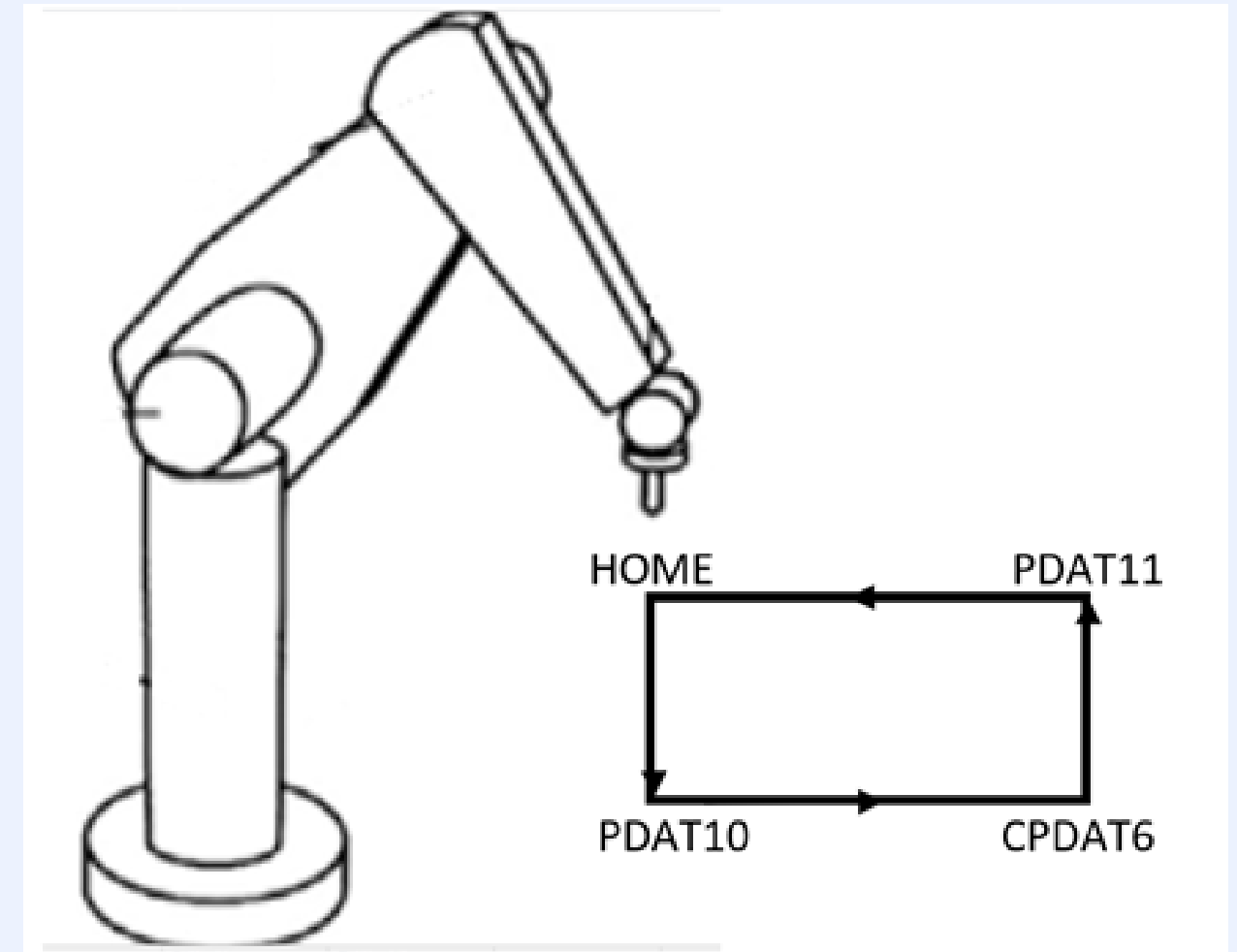
2. สั่งการให้หัวเชื่อมเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง PDAT10 ด้วยความเร็ว 5
เปอร์เซ็นต์ โดยตัวแปร PDAT 10
จะเก็บค่าตำแหน่งปลายทางเอาไว้

3. สั่งการให้หัวเชื่อมเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง CPDAT6 ด้วยความเร็วในการเชื่อม
ตามปัจจัยที่กำหนด หน่วยเป็นเมตรต่อวินาที โดยตัวแปร CPDAT6
จะเก็บค่าตำแหน่งปลายทางเอาไว้

4. สั่งการให้หัวเชื่อมเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง PDAT11
ด้วยความเร็ว 5 เปอร์เซ็นต์ โดยตัวแปร PDAT 11
จะเก็บค่าตำแหน่งปลายทางเอาไว้

5. สั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่ง
HOME ด้วยความเร็ว 10 เปอร์เซ็นต์ โดยตัวแปร HOME
จะเก็บค่าตำแหน่งปลอดภัยที่ตั้งค่าไว้

โดยทิศทางของการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อมแบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์ที่เขียนโปรแกรมเอาไว้ใน
KUKA HMI 2.0 จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ แสดงดังภาพ

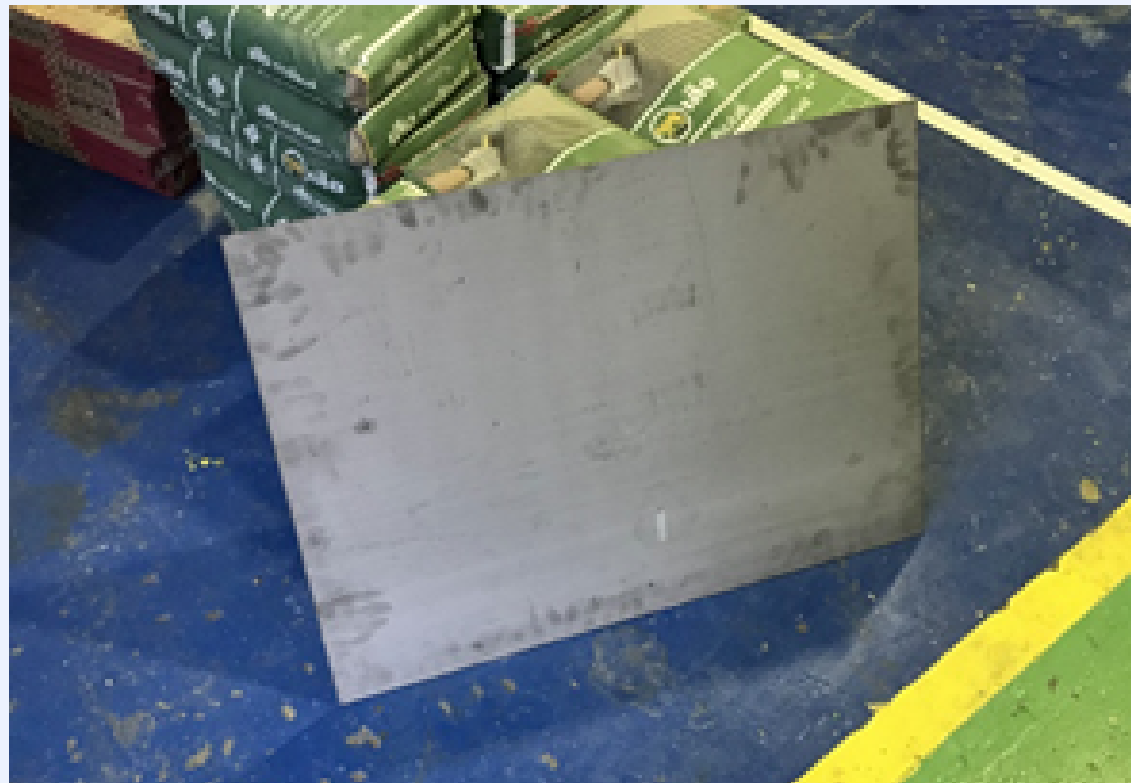


3. เตรียมแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิม โดยใช้เครื่อง Waterjet

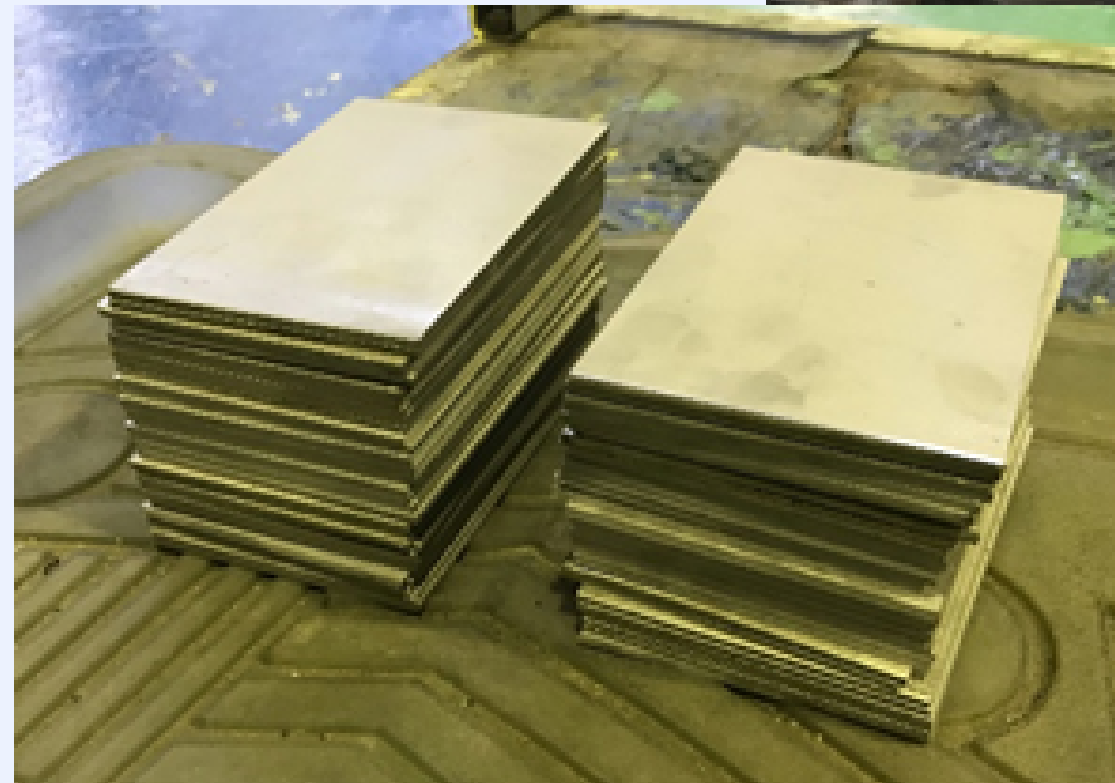
3.1 ตัดแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 316L

ขนาด 600X800X3 มิลลิเมตร

ให้ได้ขนาด 150X100X3 มิลลิเมตร โดยเครื่อง Waterjet



ขนาด 600X800X3 มิลลิเมตร



ขนาด 150X100X3 มิลลิเมตร



4. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรง

จากงานวิจัยของ Korra et al., 2011 ได้ศึกษาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมทั้งสแตนอาร์คของเหล็กกล้าไร้สนิม 316L ขนาด 250×100×3 มิลลิเมตร โดยใช้เทคนิคทาทุชิ ได้แก่ อัตราการไหลของแก๊ส กระแสไฟฟ้า และความเร็วการเชื่อม ที่ส่งผลต่อความกว้าง และความสูงของรอยเชื่อมที่น้อยลง รวมถึงระยะความลึกของรอยแตกที่ลดลง

จากการศึกษางานวิจัยในเบื้องต้นผู้วิจัยจึงได้เลือกพารามิเตอร์ที่จะนำมาศึกษาความแข็งแรงต่อการดึง ได้แก่ อัตราการไหลของแก๊ส กระแสไฟฟ้า และความเร็วของการเชื่อม แสดงดังตาราง 2.1

ผู้วิจัย	พารามิเตอร์		
	อัตราการไหลของแก๊ส (lpm)	กระแสไฟฟ้า (A)	ความเร็วของการเชื่อม (mm/min)
Dadfar et al., 2007	9	55	70
Korra et al., 2011	9 10 และ 11	40 50 และ 60	40 70 และ 100
Bharath et al., 2014	-	60 80 และ 100	50 65 และ 80

4. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งแรง

ออกแบบการทดลองโดยใช้หลักการของการออกแบบการทดลอง เพื่อวิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการศึกษาว่าเกี่ยวข้องกับความแข็งแรงต่อแรงดึงมากน้อยเพียงใด โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล [2^k Full Factorial Design]

ตาราง 3.2 ปัจจัย ระดับ ขอบเขต และสัญลักษณ์ ที่ใช้ในการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล

ที่	ปัจจัย	หน่วย	สัญลักษณ์	ระดับ	
				ต่ำ (-)	สูง (+)
1	อัตราการไหลของแก๊ส	ลิตรต่อนาที	A	9	11
2	กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	B	80	100
3	ความเร็วของการเชื่อม	มิลลิเมตรต่อวินาที	C	1.5	2.5

ตาราง 3.3 ตารางการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล จำนวน 2 ชั้น

Standard Order	Run Order	ปัจจัย		
		A (ลิตรต่อนาที)	B (แอมแปร์)	C (มิลลิเมตรต่อวินาที)
10	1	11	80	1.5
5	2	9	80	2.5
12	3	11	100	1.5
13	4	9	80	2.5
6	5	11	80	2.5
11	6	9	100	1.5
9	7	9	80	1.5
7	8	9	100	2.5
1	9	9	80	1.5
16	10	11	100	2.5
3	11	9	100	1.5
8	12	11	100	2.5
4	13	11	100	1.5
2	14	11	80	1.5
15	15	9	100	2.5
14	16	11	80	2.5

5. ทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม



ทำการเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อม ทำการติดต่อภาควิชาจัดหาอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องใช้ในงานเชื่อม เช่น เครื่องเชื่อม GTAW หัวเชื่อม ลวดเชื่อม ถังแก๊ส ตัวจับยึดชิ้นงานและฟีดเดอร์ (Feeder) เป็นต้น

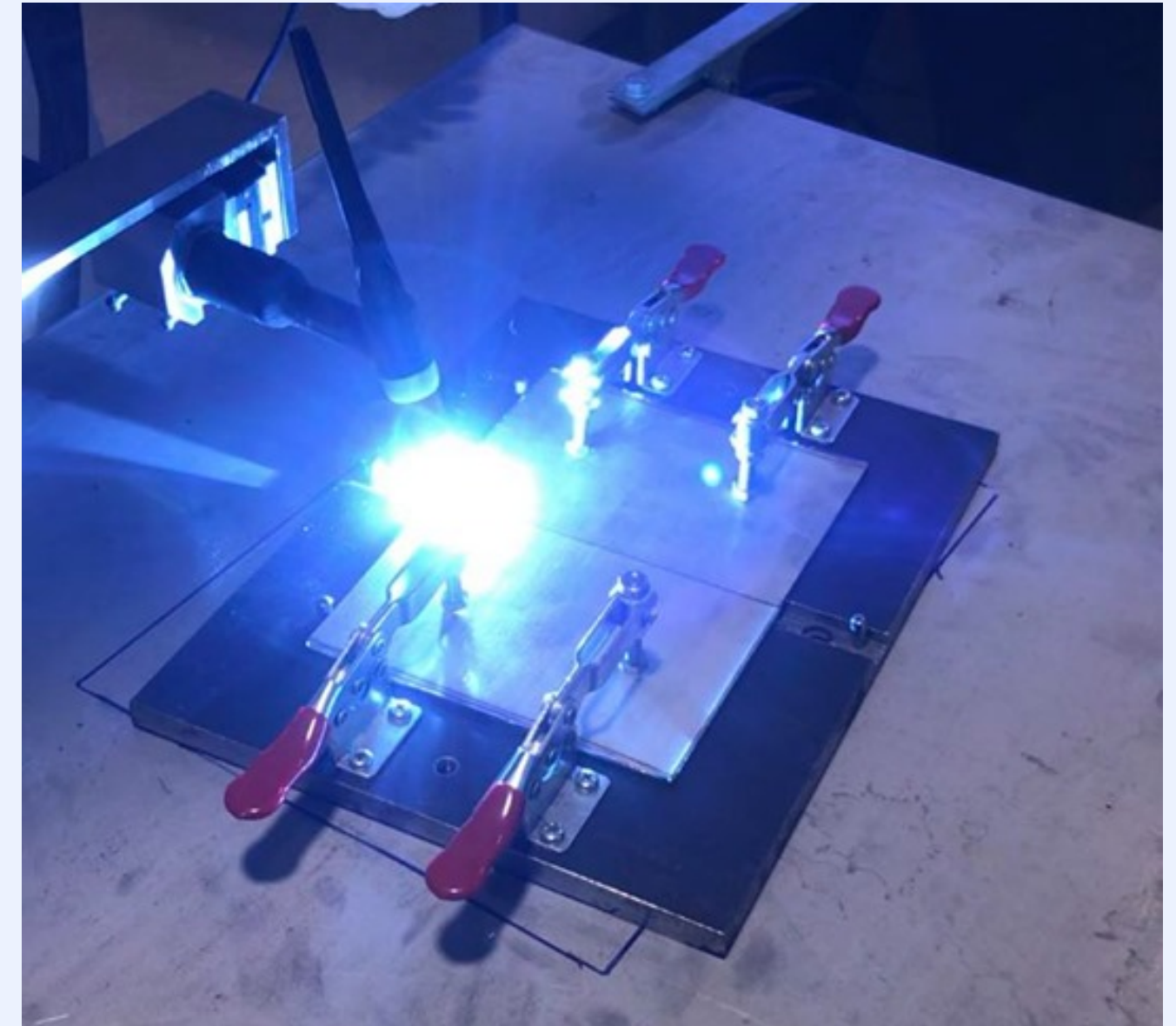
หลังจากได้รับอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้ว จะนำมาประกอบเข้ากับแขนกล เพื่อพิจารณาตำแหน่งการเดินสายแก๊สเชื่อม และระบบอื่น ๆ เพื่อให้มีความเหมาะสมที่สุดในการเชื่อมแบบอัตโนมัติ และนำอุปกรณ์เสริมเข้ามาประกอบกับตัวแขนกลพร้อมทั้งระบบอื่น ๆ ด้วย และเมื่อทุกระบบมีความพร้อมแล้ว จะทำการทดสอบการเชื่อม และปรับค่าต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อไป



5. ทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม

จับคู่แผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 316L ที่มีขนาด 100X150X3 มิลลิเมตร นำแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมที่จับคู่แล้วไปวางเตรียมไว้บนโต๊ะเชื่อม แล้วสั่งการหุ่นยนต์แขนกลที่ได้รับการติดตั้งอุปกรณ์เสริมแล้ว โดยใช้โปรแกรม KUKA HMI 2.0 สั่งการหุ่นยนต์ในการเชื่อมโลหะแบบแก๊สทังสเตนอาร์คอัตโนมัติให้ได้รอยต่อชน (BUTT JOINT) ตามปัจจัยและระดับการทดสอบที่ระบุไว้ โดยมีระยะของการอาร์ค 2.5 มิลลิเมตร มุมเชื่อมกับชิ้นงาน 80 องศา ใช้แก๊สอาร์กอนเป็นแก๊สปกคลุม

โดยผู้วิจัยได้ทำการเชื่อมในห้องปิดที่มีการปรับอากาศให้คงที่ตลอดการดำเนินการเป็นการใช้หลักการบล็อกกิ้งในการกำจัดสิ่งรบกวนปัจจัยในการเชื่อม



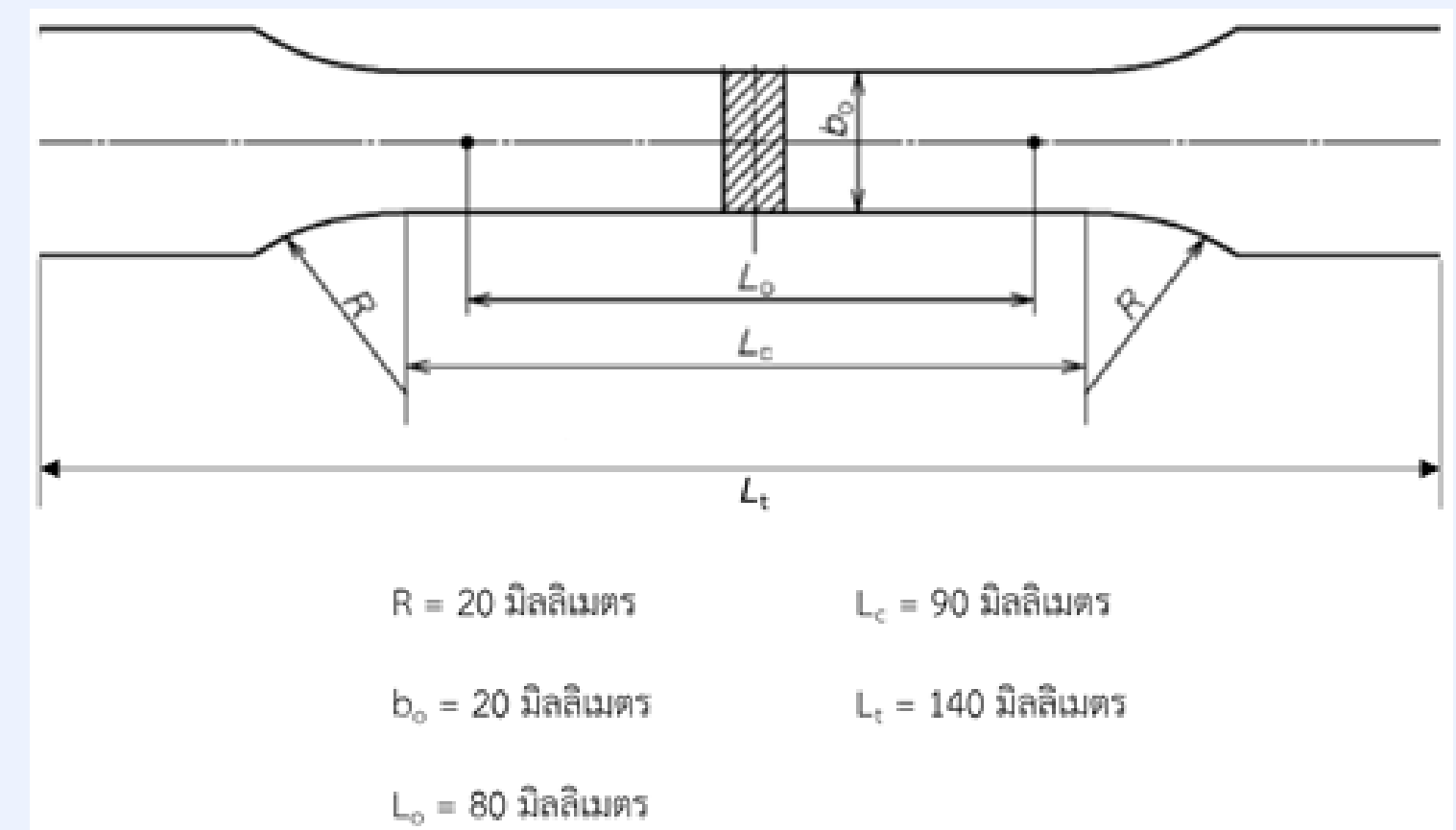
6. ทำการทดสอบแรงดึง

ก่อนที่จะนำชิ้นงานไปทดสอบแรงดึงนั้น

จะต้องทำการลดรูปชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐาน มอก. 2172

เล่ม 1-2556 ที่ได้กำหนดไว้

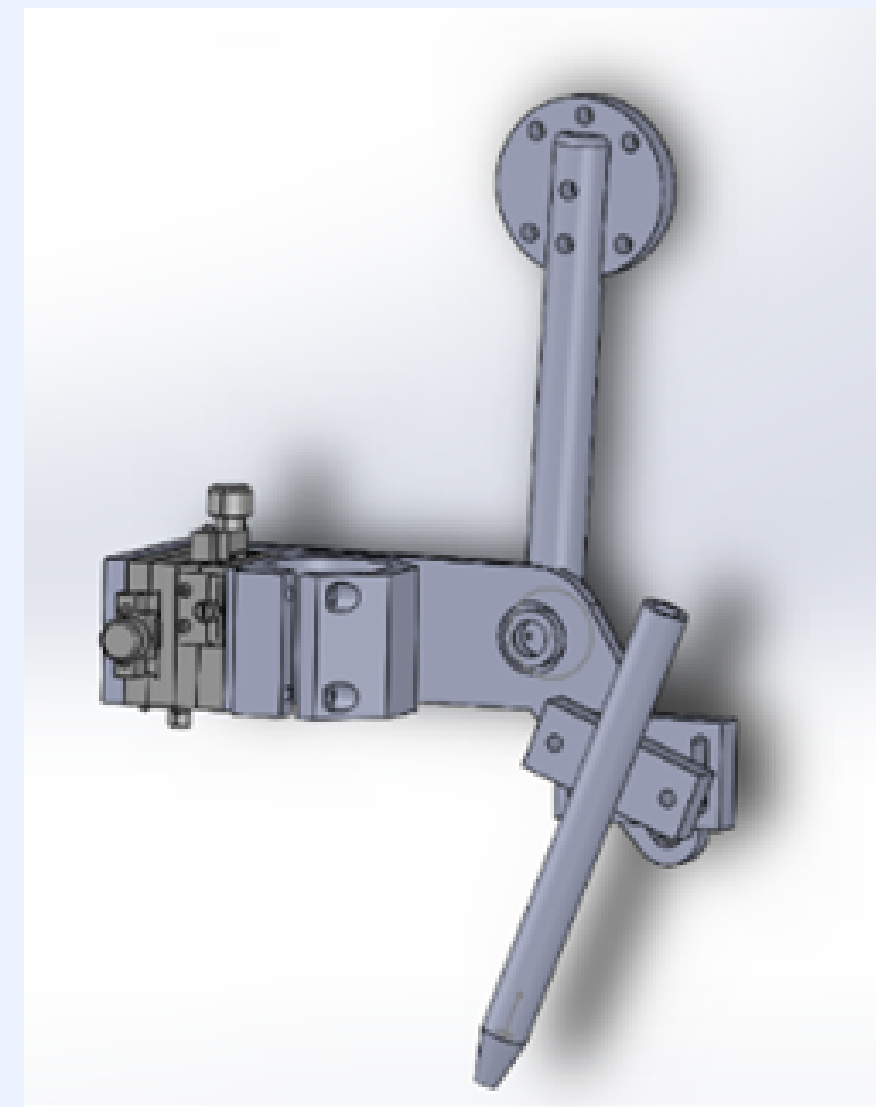
โดยงานวิจัยฉบับนี้จะใช้เครื่อง Waterjet ในการลดรูปชิ้นงานเพื่อให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และยังไม่ก่อให้เกิดความร้อนแก่ชิ้นงานที่จะส่งผลเสียต่อการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของชิ้นงาน เมื่อได้ชิ้นงานที่มีขนาดตามต้องการแล้ว จึงนำชิ้นงานที่ผ่านการลดรูปแล้วไปทำการทดสอบความแรงดึง (Tensile Test) ของรอยเชื่อม เพื่อหาปัจจัยและระดับที่เหมาะสมในการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 316L



7. สรุปผลการทดลอง

7.1 ผลการออกแบบอุปกรณ์เสริม

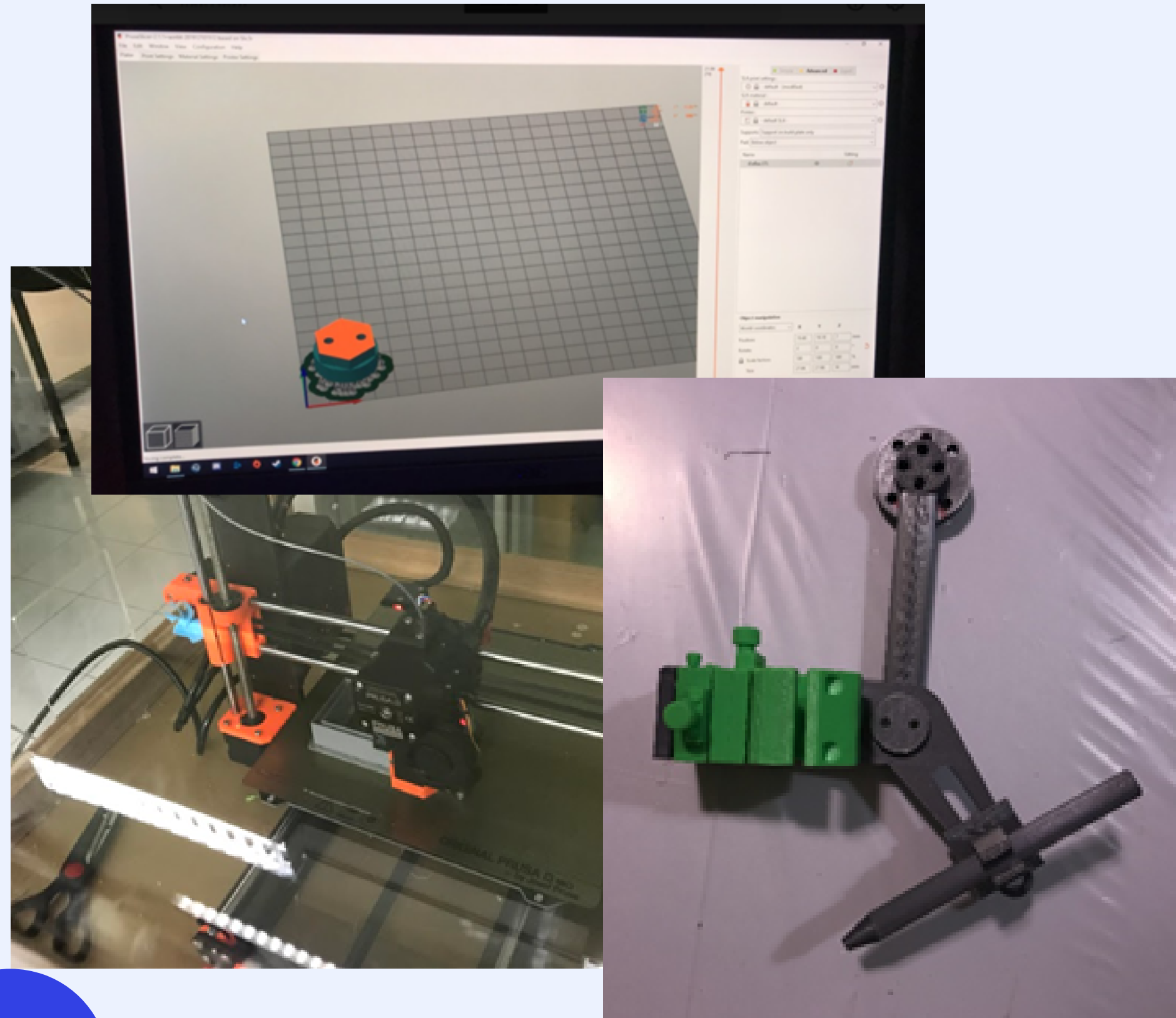
อุปกรณ์เสริมที่ได้จากการออกแบบ ประกอบไปด้วย
ชิ้นส่วนทั้งหมด 11 ชิ้นส่วน
เมื่อนำมาประกอบกันแล้วจะมีลักษณะ แสดงดังภาพ



7. สรุปผลการทดลอง

7.2 ผลการขึ้นรูปชิ้นส่วนตัวอย่างด้วย 3D Printer

ชิ้นส่วนอุปกรณ์เสริมที่ออกแบบโดยใช้โปรแกรมโซลิดเวิร์ค (Solidwork) จะถูกนำไปแปลงเป็นโค้ดนามสกุล .STL โดยใช้โปรแกรม Prusa3D จากนั้นจึงจะสามารถนำไปขึ้นรูปด้วยเครื่อง 3D Printer โดยชิ้นส่วนที่ได้จากการขึ้นรูป แสดงดังภาพ



7. สรุปผลการทดลอง

7.3 ผลการผลิตชิ้นงาน

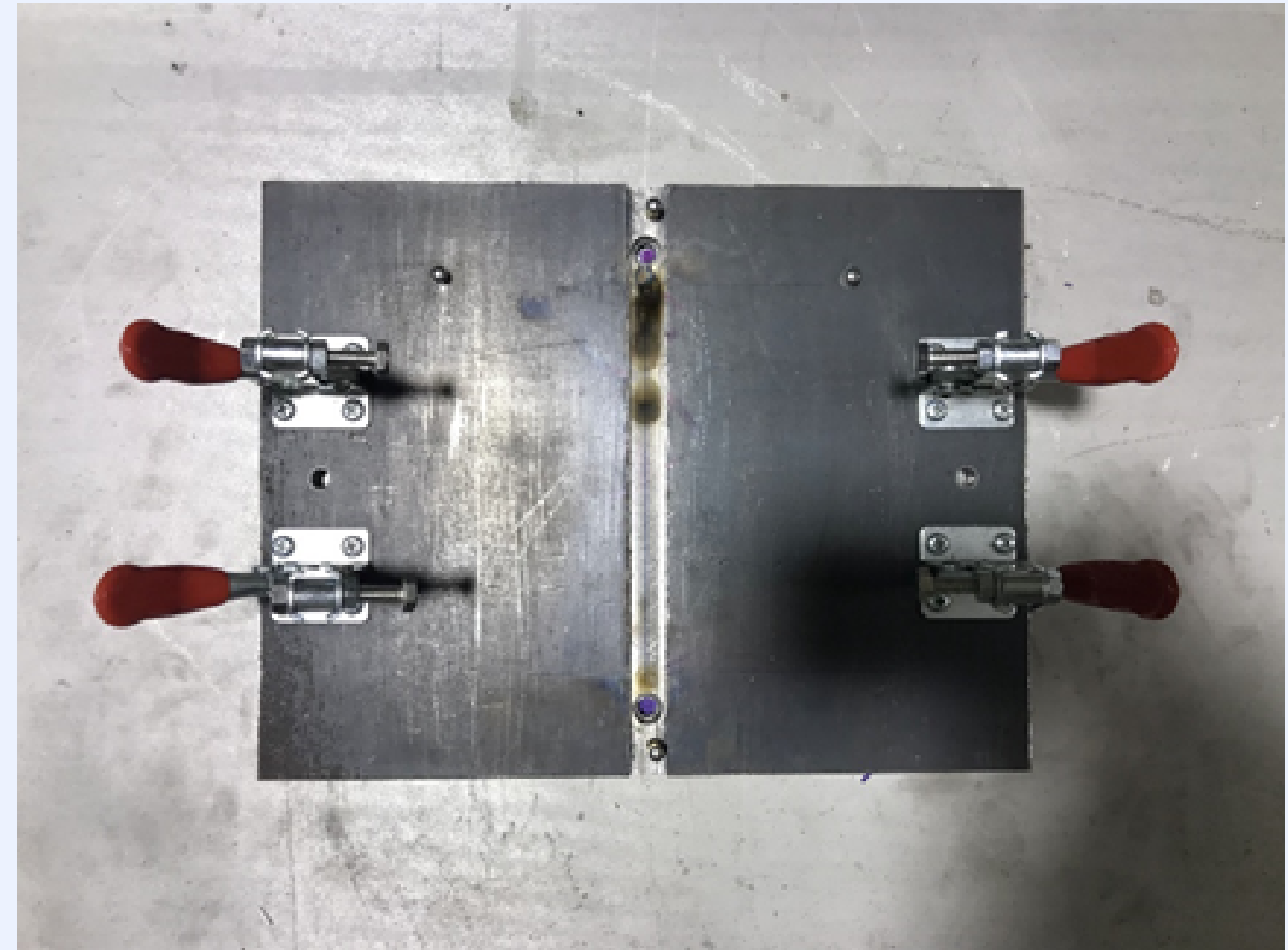
หลังจากการปรับปรุงรูปแบบชิ้นส่วนอุปกรณ์เสริมจนได้ชิ้นส่วนต้นแบบ และสั่งผลิตชิ้นงานจริงทั้ง 11 ชิ้นส่วน ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับที่ออกแบบเอาไว้ ซึ่งจะมีบางตำแหน่งของชิ้นส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนกับต้นแบบ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในการผลิตชิ้นงานของโรงงาน ทางผู้วิจัยจึงนำมาปรับแก้ไขด้วยเครื่องจักรและอุปกรณ์ภายในโรงประลองของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการปรับแก้ไขแล้วมาประกอบเข้ากับหุ่นยนต์แสดงดังภาพ



7. สรุปผลการทดลอง

7.4 ประกอบตัวจับยึดชิ้นงานเข้ากับโต๊ะ

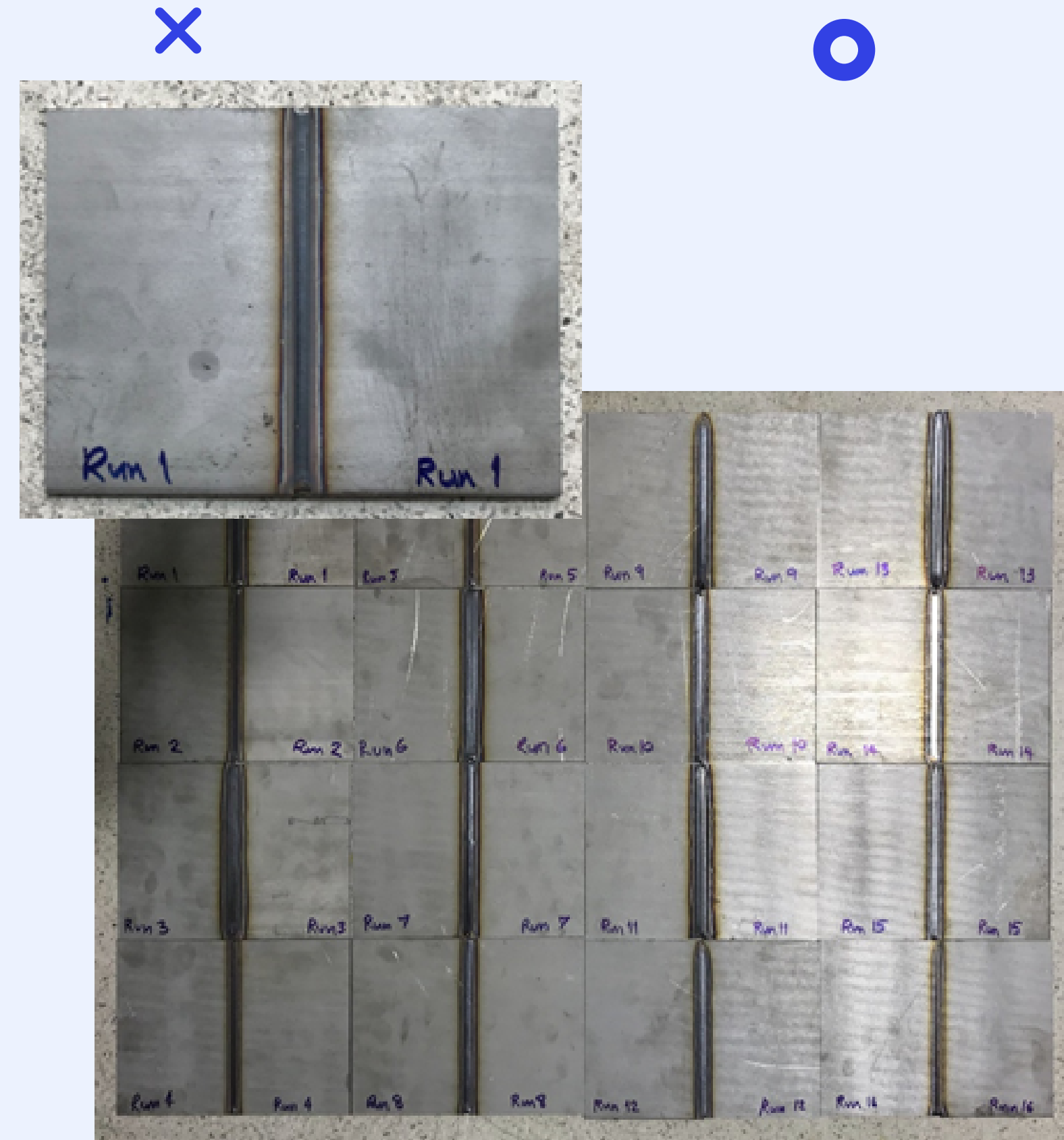
ตัวจับยึดชิ้นงานที่ประกอบเข้ากับโต๊ะเรียบร้อยแล้ว
แสดงดังภาพ



7. สรุปผลการทดลอง

7.5 ผลการเชื่อมชิ้นงานจริง

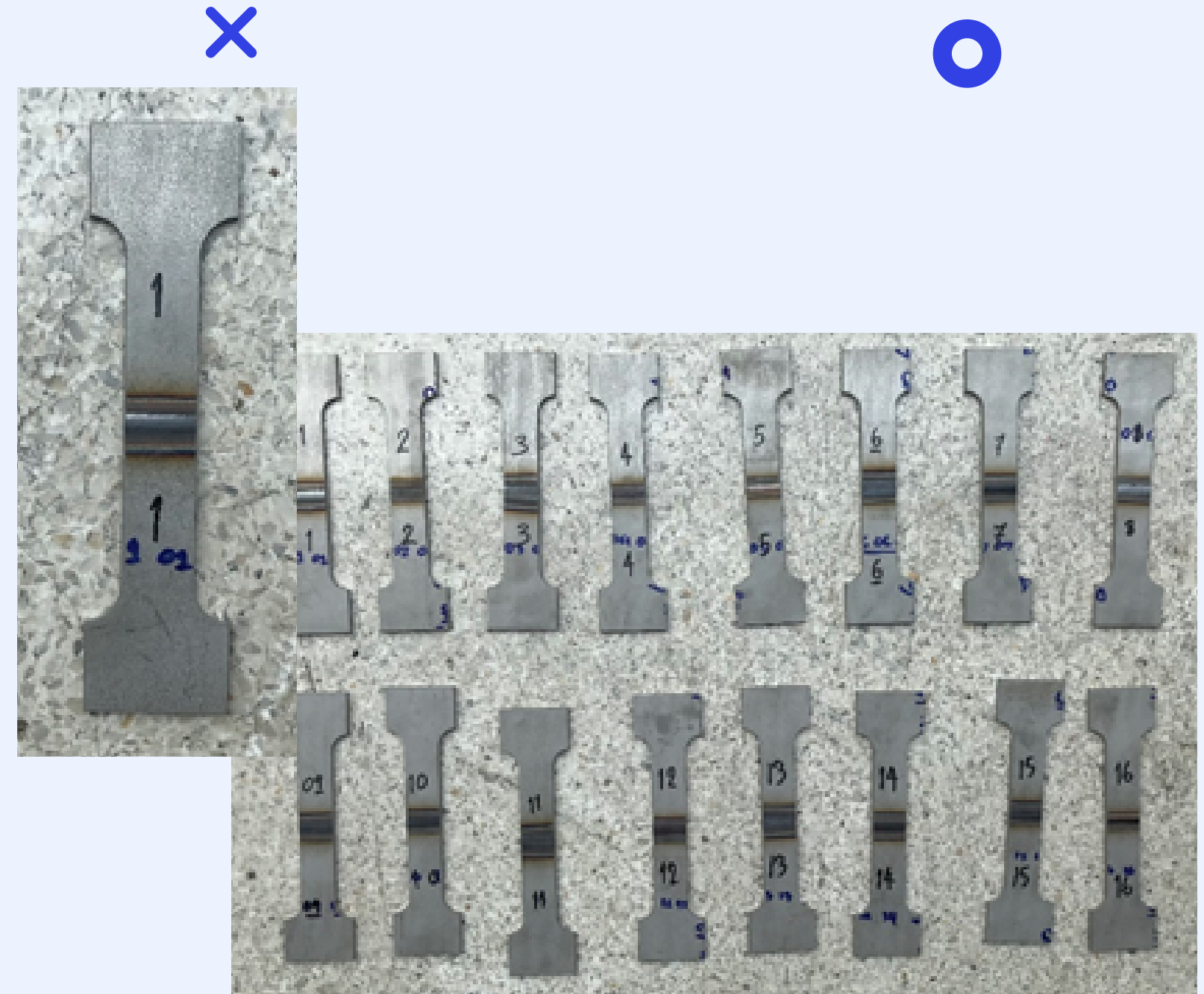
ชิ้นงานที่ได้จากการเชื่อมโลหะแบบแก๊สทังสเตนอาร์คอัตโนมัติ จำนวน 16 แผ่น ได้รอยเชื่อมที่สวยงาม บ่อหลอมละลายสม่ำเสมอ มีลักษณะแสดงดังภาพ โดยจะถูกนำไปตัดด้วยเครื่อง Waterjet เพื่อเตรียมชิ้นงานก่อนการนำไปทดสอบแรงดึง (Tensile Test)



7. สรุปผลการทดลอง

7.6 เตรียมชิ้นงานก่อนการทดสอบแรงดึง

ก่อนที่จะนำชิ้นงานไปทดสอบแรงดึงนั้น จะต้องทำการลดรูปชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐาน มอก. 2172 เล่ม 1-2556 ที่ได้กำหนดไว้ โดยงานวิจัยฉบับนี้จะใช้เครื่อง Waterjet ในการลดรูปชิ้นงานเพื่อให้ได้ขนาดตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และยังไม่ก่อให้เกิดความร้อนแก่ชิ้นงานที่จะส่งผลเสียต่อการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของชิ้นงาน แสดงดังภาพ



7. สรุปผลการทดลอง

7.7 ผลการทดสอบแรงดึง

เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการลดรูปด้วยเครื่อง Waterjet
แล้วมาทำการทดสอบแรงดึงด้วยปัจจัยต่าง ๆ ได้ผล แสดงดังตาราง

จากตาราง พบว่าค่าที่วัดได้จากการทดสอบแรงดึงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่
181.517 เมกะปาสคาล และค่าสูงสุดที่วัดได้คือ 437.329 เมกะปาสคาล

×

○

Standard Order	Run Order	ปัจจัย			Tensile Stress (MPa)
		A (ลิตรต่อนาที)	B (แอมแปร์)	C (มิลลิเมตรต่อวินาที)	
10	1	11	80	1.5	141.917
5	2	9	80	2.5	88.741
12	3	11	100	1.5	397.589
13	4	9	80	2.5	139.418
6	5	11	80	2.5	70.228
11	6	9	100	1.5	294.562
9	7	9	80	1.5	194.771
7	8	9	100	2.5	115.074
1	9	9	80	1.5	150.009
16	10	11	100	2.5	119.902
3	11	9	100	1.5	287.463
8	12	11	100	2.5	171.991
4	13	11	100	1.5	437.329
2	14	11	80	1.5	191.609
15	15	9	100	2.5	161.416
14	16	11	80	2.5	84.168

▼

7. สรุปผลการทดลอง

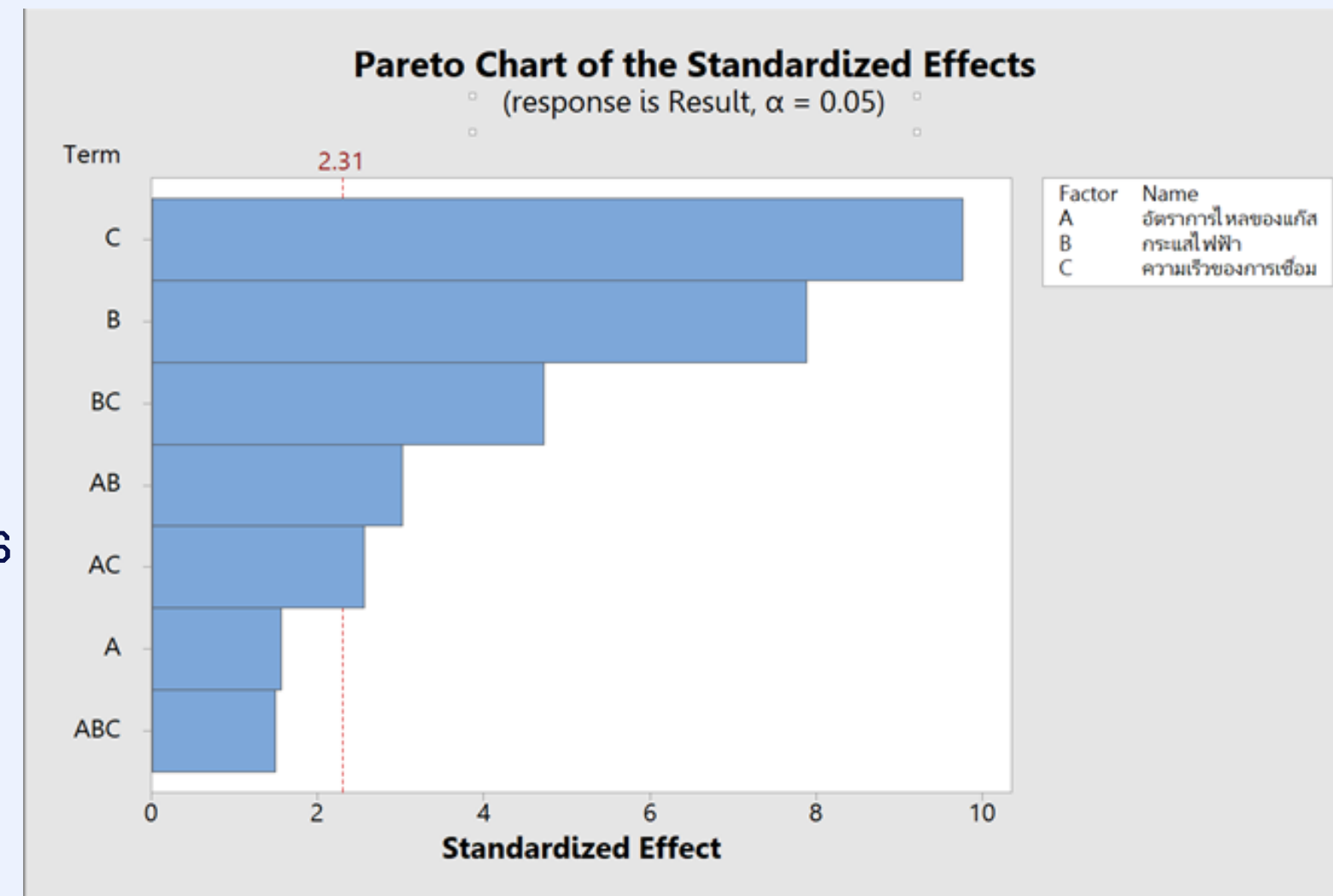
7.8 ผลการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล

ในขณะนี้ได้นำผลการทดสอบแรงดึงจากระดับปัจจัยต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมมินิแทบ (Minitab) โดยหลังจากที่โปรแกรมได้วิเคราะห์ทางสถิติแล้วจึงได้ทำการพล็อต (Plot) กราฟและสร้างตารางการวิเคราะห์ออกมาเพื่อแปลผลการทดลอง

7.8.1 ผลจากกราฟ Pareto Chart of the Standardized Effects

ซึ่งผลตอบ คือค่าความเค้นที่เกิดขึ้น แสดงดังภาพ
ทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความเค้นตกค้าง
ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$
โดยปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งแรงต่อแรงดึง มีจำนวน 2 ปัจจัย คือ

1. กระแสไฟฟ้า (B)
2. ความเร็วของการเชื่อม (C)



7. สรุปผลการทดลอง

7.8.2 ผลจากการวิเคราะห์ Factorial Fit

จากภาพ เมื่อพิจารณา P-Value ของปัจจัยกระแสไฟฟ้า (B) และความเร็วในการเชื่อม(C) พบว่าค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.000 และ 0.000 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ แสดงว่าปัจจัย B และ ปัจจัย C มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งแรงตอแรงดึง เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-sq) พบว่าค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 96.16 เปอร์เซนต์ ซึ่งหลังจากได้ปรับค่าของสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจแล้ว จะได้ค่า (adj R-sq) เท่ากับ 92.80 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่า (adj R-sq) นี้มีค่าเข้าใกล้ 100 เปอร์เซนต์ หมายความว่าแบบจำลองนี้มีความสามารถที่ดีมากในการอธิบายผลที่เกิดขึ้น และสามารถนำไปสร้างสมการถดถอยเพื่อหาค่าที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้อง

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
29.2894	96.16%	92.80%	84.63%

Coded Coefficients

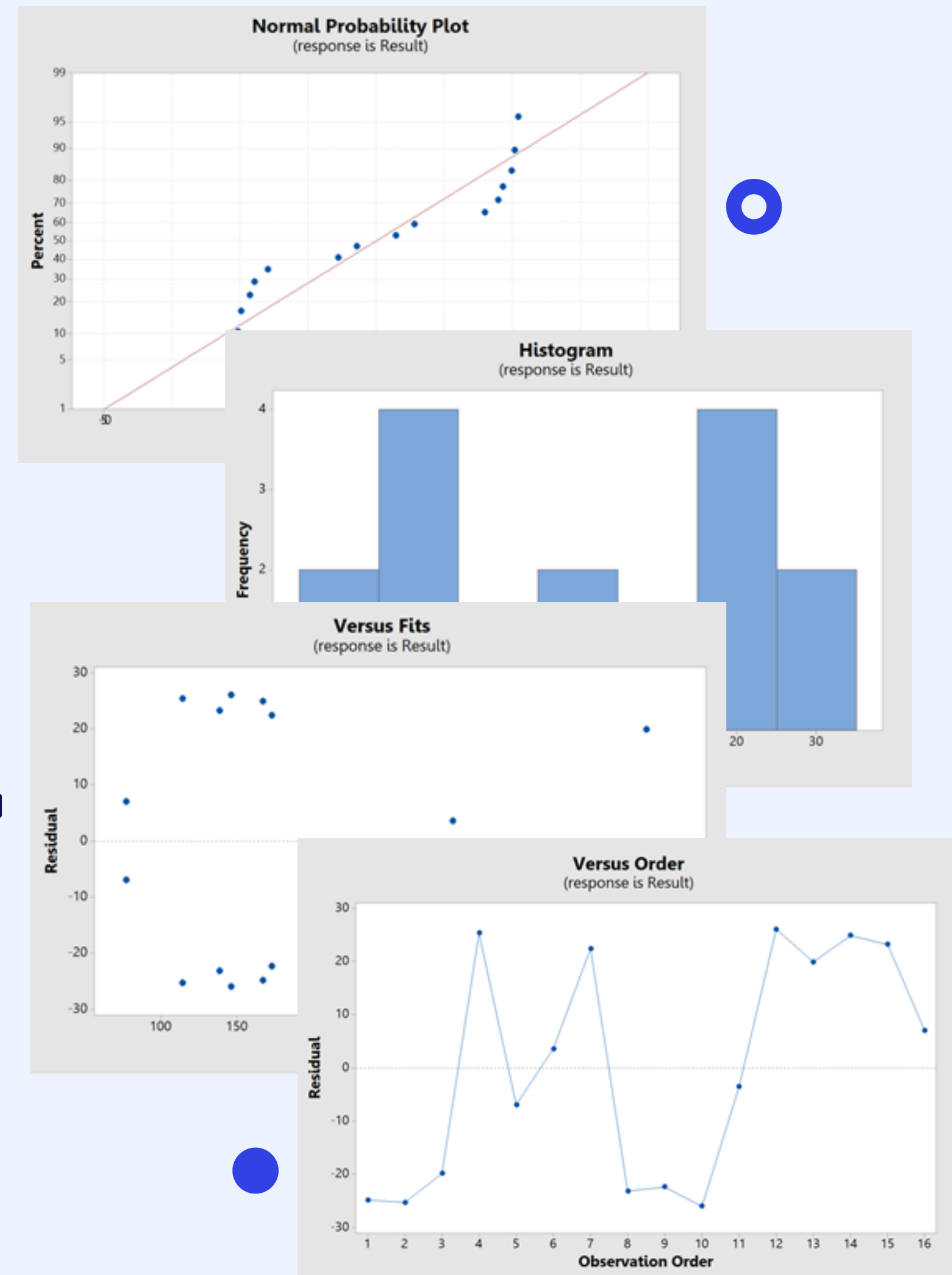
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value
Constant		190.39	7.32	26.00
อัตราการใช้ของแก๊ส	22.91	11.45	7.32	1.56
กระแสไฟฟ้า	115.56	57.78	7.32	7.89
ความเร็วของการเชื่อม	-143.04	-71.52	7.32	-9.77
อัตราการใช้ของแก๊ส*กระแสไฟฟ้า	44.16	22.08	7.32	3.02
อัตราการใช้ของแก๊ส*ความเร็วของการเชื่อม	-37.50	-18.75	7.32	-2.56
กระแสไฟฟ้า*ความเร็วของการเชื่อม	-69.10	-34.55	7.32	-4.72
อัตราการใช้ของแก๊ส*กระแสไฟฟ้า*ความเร็วของการเชื่อม	-21.87	-10.94	7.32	-1.49
Term	P-Value	VIF		
Constant	0.000			
อัตราการใช้ของแก๊ส	0.156	1.00		
กระแสไฟฟ้า	0.000	1.00		
ความเร็วของการเชื่อม	0.000	1.00		
อัตราการใช้ของแก๊ส*กระแสไฟฟ้า	0.017	1.00		
อัตราการใช้ของแก๊ส*ความเร็วของการเชื่อม	0.034	1.00		
กระแสไฟฟ้า*ความเร็วของการเชื่อม	0.002	1.00		
อัตราการใช้ของแก๊ส*กระแสไฟฟ้า*ความเร็วของการเชื่อม	0.174	1.00		

7. สรุปผลการทดลอง

7.8.3 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง
ก่อนนำแบบจำลองไปใช้งานว่ามีความเหมาะสมหรือไม่โดยมีหลักอยู่
3 ประการคือ

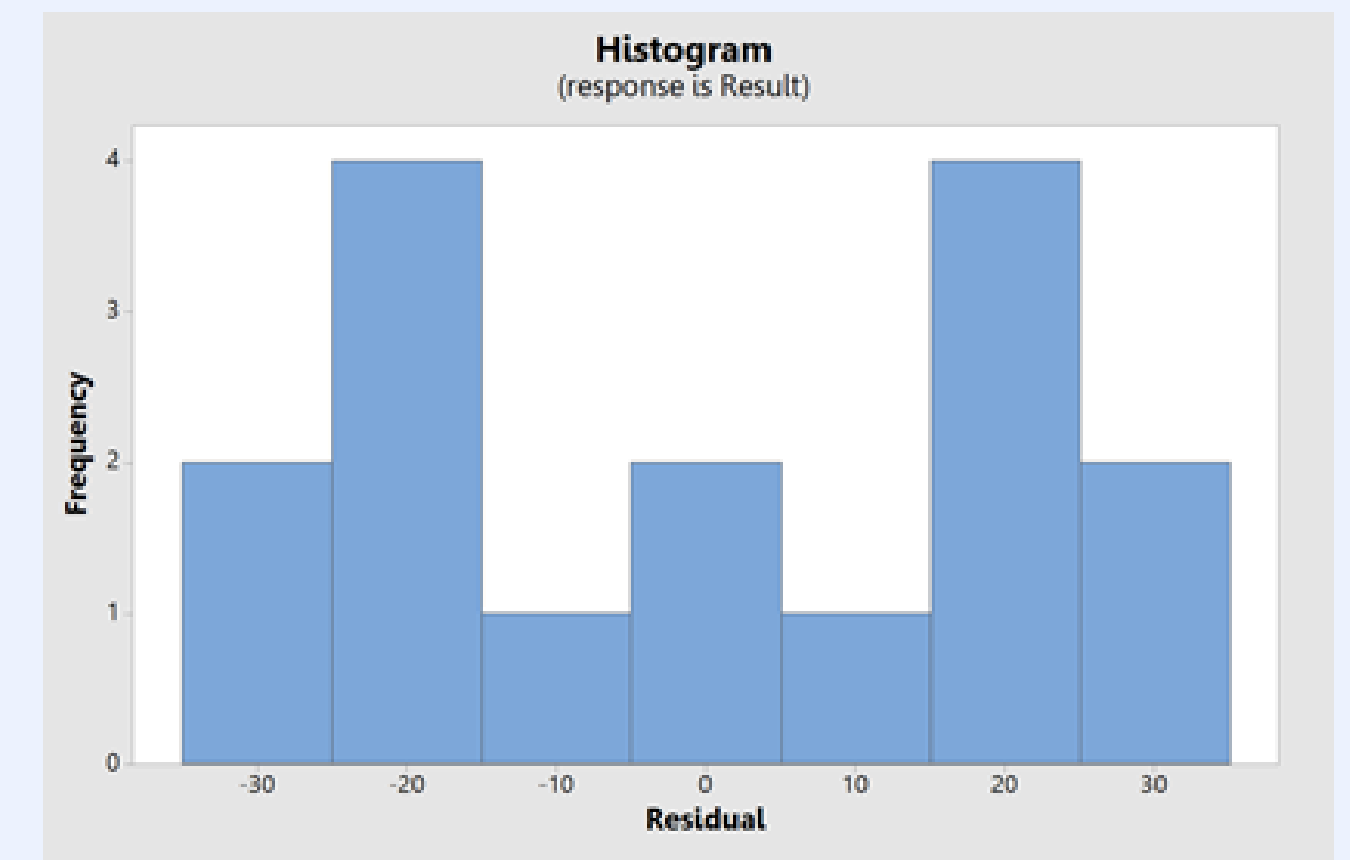
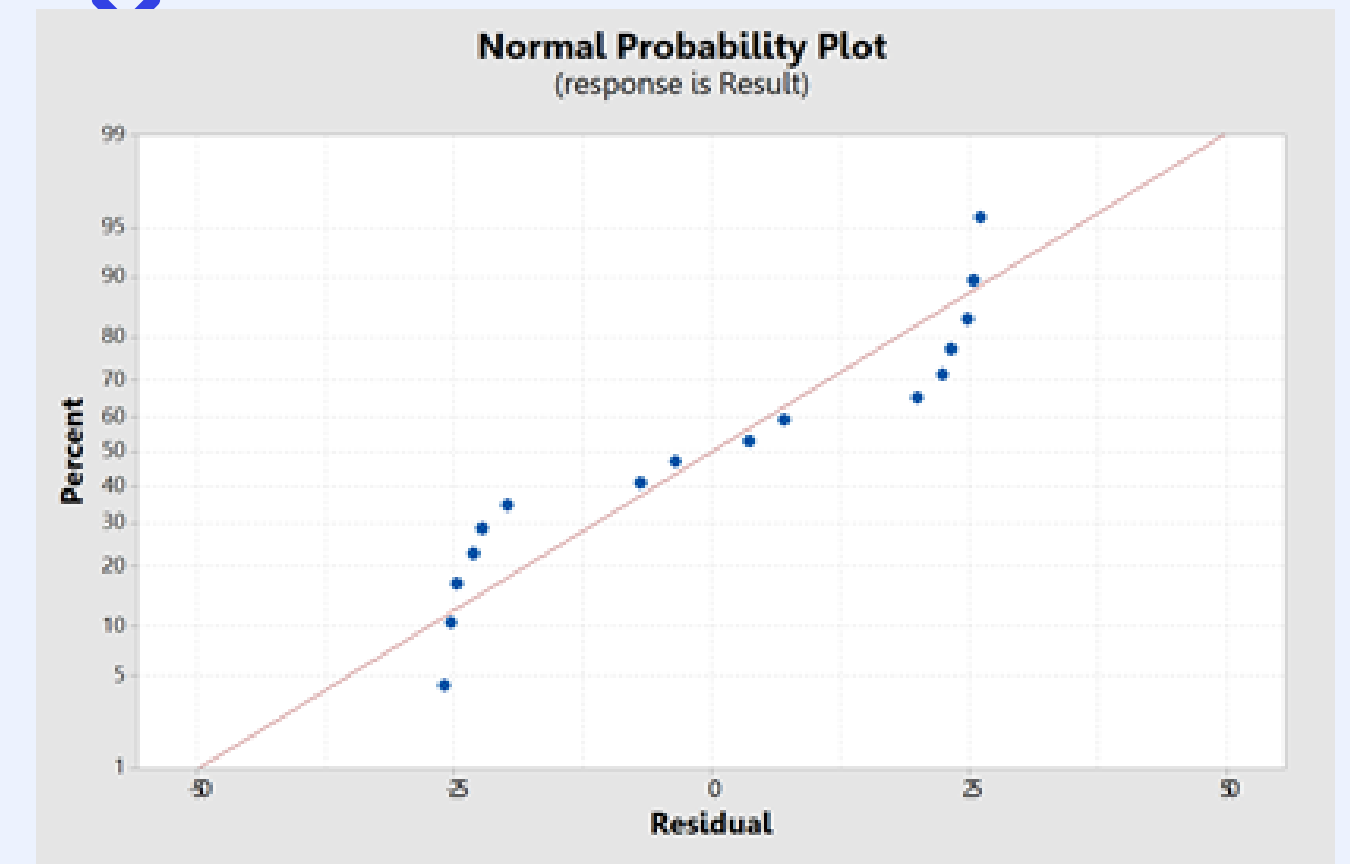
1. ตรวจสอบว่าข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติจากการสร้างกราฟ Normal Probability Plot
2. ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างต้องมีความแปรปรวนคงตัวจากการสร้างกราฟ Versus Fits
3. ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างต้องมีการกระจายตัวเป็นอิสระจากการสร้างกราฟ Versus Order



7. สรุปผลการทดลอง

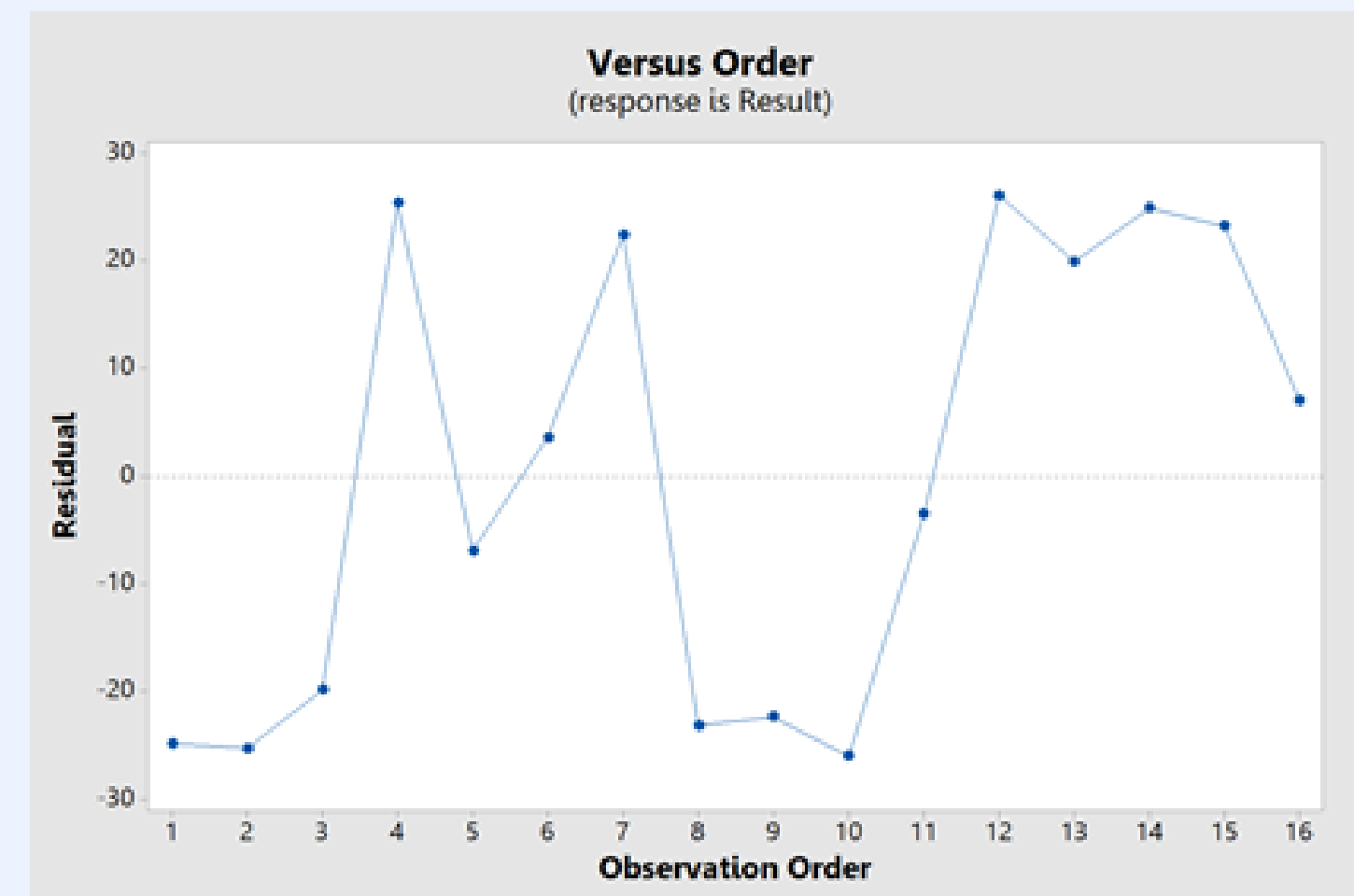
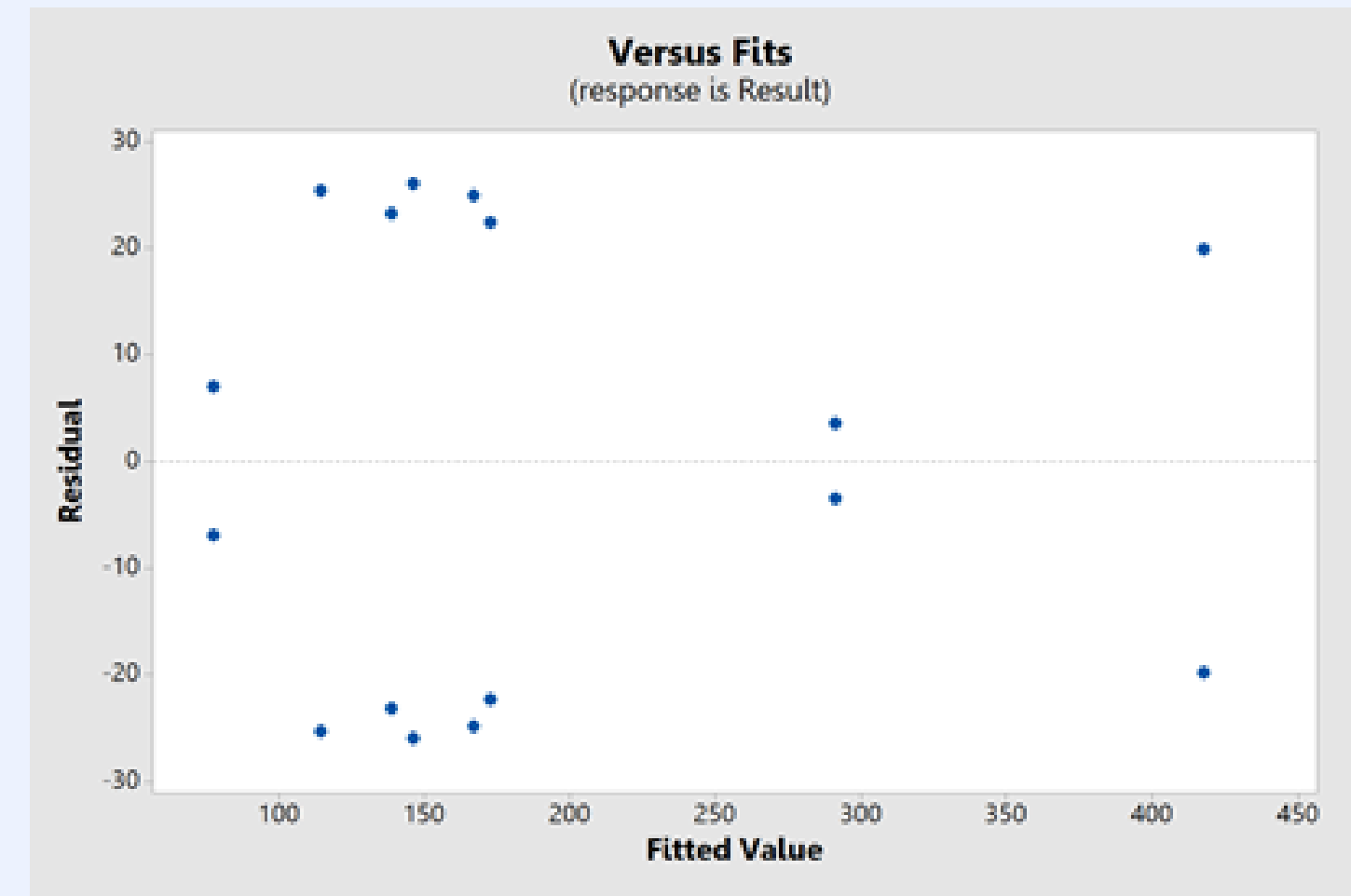
- ตรวจสอบว่าข้อมูลส่วนตกค้างมีการกระจายตัวแบบปกติจากการสร้างกราฟ Normal Probability Plot
พบว่าข้อมูล ไม่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงเนื่องจากจุดของส่วนตกค้างไม่มีการเรียงตัวกันในลักษณะที่เป็นแนวเส้นตรง

และจากกราฟฮิสโตแกรม (Histogram)
พบว่าข้อมูลไม่มีการกระจายตัวปกติ สรุปได้ว่าข้อมูลไม่มีการกระจายตัวแบบปกติ



7. สรุปผลการทดลอง

- ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างต้องมีความแปรปรวนคงตัวจากการสร้างกราฟ Versus Fits พบว่าส่วนมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่มีรูปแบบแนวโน้มที่ชัดเจน
จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวอิสระ
- ตรวจสอบว่าส่วนตกค้างต้องมีการกระจายตัวเป็นอิสระจากการสร้างกราฟ Versus Order พบว่าส่วนมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอและไม่มีรูปแบบแนวโน้มที่ชัดเจน
จึงสรุปได้ว่าส่วนตกค้างมีการกระจายตัวอิสระไม่ขึ้นอยู่กับลำดับการทดลอง



7. สรุปผลการทดลอง

7.9 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของรอยเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อมโลหะแบบแก๊สทั้งสแตนอาร์คที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ของโปรแกรม Minitab ซึ่งเป็นฟังก์ชันในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยโดยค่าความพึงพอใจโดยรวมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 หากค่าความพึงพอใจโดยรวมมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่ามีความพึงพอใจอย่างสมบูรณ์ โดยในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกค่าเป้าหมาย (Goal) เป็นค่าเป้าหมายที่ต้องการ (Target) โดยกำหนดค่าเป้าหมายที่ต้องการไว้ที่ 437.329 ± 25 เมกะปาสคาล เนื่องจากเป็นค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงที่มากที่สุดจากผลการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียลตามตาราง 4.1

×

○

ตาราง 4.1 ผลทดสอบแรงดึงที่จะได้จากการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล

Standard Order	Run Order	ปัจจัย			Tensile Stress (MPa)
		A (ลิตรต่อนาที)	B (แอมแปร์)	C (มิลลิเมตรต่อวินาที)	
10	1	11	80	1.5	141.917
5	2	9	80	2.5	88.741
12	3	11	100	1.5	397.589
13	4	9	80	2.5	139.418
6	5	11	80	2.5	70.228
11	6	9	100	1.5	294.562
9	7	9	80	1.5	194.771
7	8	9	100	2.5	115.074
1	9	9	80	1.5	150.009
16	10	11	100	2.5	119.902
3	11	9	100	1.5	287.463
8	12	11	100	2.5	171.991
4	13	11	100	1.5	437.329
2	14	11	80	1.5	191.609
15	15	9	100	2.5	161.416
14	16	11	80	2.5	84.168

▼

7. สรุปผลการทดลอง

7.9 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด

จากการวิเคราะห์พบว่ากระแสไฟฟ้าควรใช้ค่า 100 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อมควรใช้ค่า 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงคือ 417.459 เมกะปาสคาล โดยมีค่าความพึงพอใจ (Desirability) อยู่ที่ 0.945873 แสดงดังภาพ

โดยค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงที่คำนวณได้คือ 417.459 เมกะปาสคาล ซึ่งค่าที่ได้นี้มีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียลตามตาราง 4.1 คือ 437.329 เมกะปาสคาล อันเนื่องมาจากการคำนวณที่อาจจะมีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดแฝงอยู่

Response Optimization: Result

Parameters

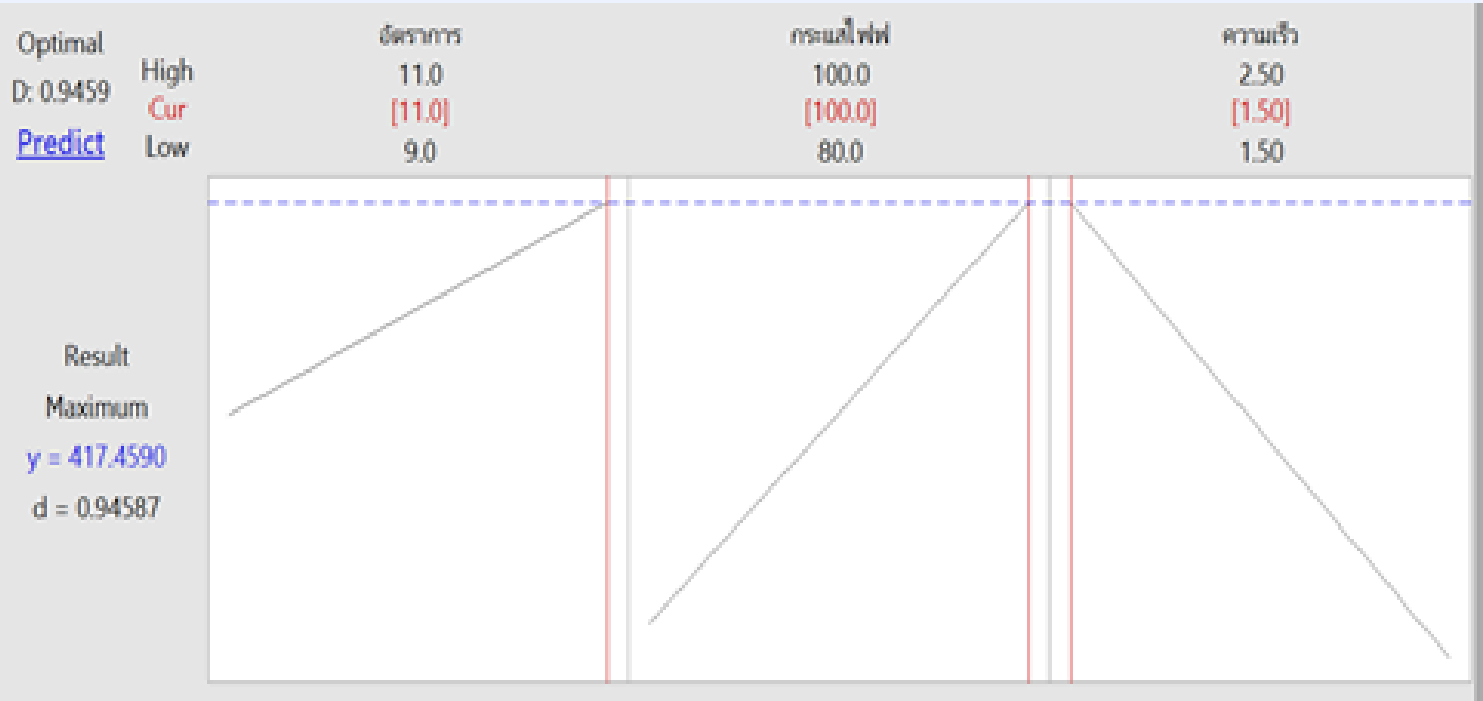
Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
Result	Maximum	70.228	437.329		1	1

Solution

Solution	อัตรา การไหล ของ แก๊ส	กระแส ไฟฟ้า	ความเร็ว ของการ เชื่อม	Result Fit	Composite Desirability
1	11	100	1.5	417.459	0.945873

Multiple Response Prediction

Variable	Setting			
อัตราการไหลของแก๊ส	11			
กระแสไฟฟ้า	100			
ความเร็วของการเชื่อม	1.5			
Response	Fit	SE Fit	95% CI	95% PI
Result	417.5	20.7	(369.7, 465.2)	(334.7, 500.2)



ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลสามารถเชื่อมแบบแก๊สทั้งสแตนอาร์คอัตโนมัตินี้ ตั้งแต่ต้นจนจบการดำเนินการตลอดจนได้ผลการวิเคราะห์ ทางผู้วิจัยได้รับเทคนิค และประสบการณ์ด้านต่างๆ โดยผลการทำวิจัยและผลการทดลองที่ได้ออกมาอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อออกแบบอุปกรณ์เสริมและติดตั้งเข้ากับหุ่นยนต์แขนกลให้สามารถเชื่อมอัตโนมัติได้ และเพื่อให้แขนกลสามารถเชื่อมชิ้นงานอัตโนมัติได้ตามมาตรฐานการทดสอบความแข็งแรงต่อแรงดึงของรอยเชื่อม [มอก. 2172 เล่ม 1-2556]

ซึ่งการวิเคราะห์หาระดับของความแข็งแรงต่อแรงดึงของรอยเชื่อม ทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยในการเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อมโดยในงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล และการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมมินิแทบ (Minitab) ในการที่จะคัดเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงต่อแรงดึงของรอยเชื่อม และหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัย



ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลสามารถเชื่อมแบบแก๊สทั้งสเตนอาร์คอัตโนมัตินี้ ตั้งแต่ต้นจนจบการดำเนินการตลอดจนได้ผลการวิเคราะห์ ทางผู้วิจัยได้รับเทคนิค และประสบการณ์ด้านต่างๆ โดยผลการทำวิจัย และผลการทดลองที่ได้ออกมาอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

จากการออกแบบอุปกรณ์เสริมและนำไปติดตั้งเข้ากับหุ่นยนต์แขนกล

พบว่าหุ่นยนต์สามารถติดตั้งอุปกรณ์เชื่อมแบบแก๊สทั้งสเตนอาร์คได้ โดยอุปกรณ์มีความแข็งแรงทนทานสามารถนำไปใช้ในงานเชื่อมแบบแก๊สทั้งสเตนอาร์คอัตโนมัติได้เป็นอย่างดี

จากการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล (2 Full Factorial Design) โดยผลของการทดลอง คือ ความแข็งแรงต่อแรงดึงของรอยเชื่อมภายหลังจากการเชื่อมโลหะแบบแก๊สทั้งสเตนอาร์ค ซึ่งนำเข้า

3 ปัจจัย คือ

1. อัตราการไหลของแก๊ส
2. กระแสไฟฟ้า
3. ความเร็วในการเชื่อม

กำหนดให้แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับคือระดับสูงและระดับต่ำที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ พบว่ามีปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงคือ

1. กระแสไฟฟ้า
2. ความเร็วในการเชื่อม



ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบอุปกรณ์เสริมเพื่อให้หุ่นยนต์แขนกลสามารถเชื่อมแบบแก๊สทั้งสแตนอาร์คอัตโนมัตินี้ ตั้งแต่ต้นจนจบการดำเนินการทดลองจนได้ผลการวิเคราะห์ ทางผู้วิจัยได้รับเทคนิค และประสบการณ์ด้านต่างๆ โดยผลการทำวิจัยและผลการทดลองที่ได้ออกมาอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

หลังการหาค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงของรอยเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อมโลหะแบบแก๊สทั้งสแตนอาร์คที่เหมาะสมที่สุด
จากการวิเคราะห์พบว่ากระแสไฟฟ้าควรใช้ค่า 100 แอมแปร์ และความเร็วในการเชื่อมควรใช้ค่า 1.5 มิลลิเมตรต่อวินาที เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงคือ 417.459 เมกะปาสคาล โดยมีค่าความพึงพอใจ (Desirability) อยู่ที่ 0.945873



ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่ส่งผลในการดำเนินโครงการวิจัย

1. ก่อนดำเนินการวิจัยหุ่นยนต์ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการยังไม่
สามารถใช้การได้ ต้องรอช่างผู้ชำนาญการมาซ่อมแซมและติดตั้งโปรแกรม

2. หุ่นยนต์ในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการยังมีผู้ชำนาญในการใช้งานน้อย
ผู้วิจัยจะต้องศึกษาค้นคว้าวิธีการใช้งานและควบคุมด้วยตนเอง

3. การสั่งผลิตอุปกรณ์เสริม มีความล่าช้าอันเนื่องมาจากการติดต่อสื่อสาร
กับทางโรงงานจะต้องมีระเบียบเป็นขั้นตอนของโรงงาน และต้องใช้เวลาใน
การพิจารณามูลค่าของชิ้นงานว่าเหมาะสมแก่การผลิตหรือไม่

4. ระบบไฟฟ้าในห้องดำเนินการวิจัยมีเหตุขัดข้องที่ส่งผลทำให้ไม่สามารถ
ดำเนินการวิจัยได้ โดยมีช่างผู้ชำนาญการมาตรวจสอบ แต่ไม่พบทราบสาเหตุ
ของปัญหา โดยผู้วิจัยจะต้องคิดหาวิธีแก้ไขปัญหาเพื่อดำเนินการวิจัยต่อไป



ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการออกแบบอุปกรณ์เพื่อนำมาผลิตใช้งานนั้น ควรที่จะคำนึงถึงมูลค่าของวัสดุที่จะนำมาใช้ผลิตอุปกรณ์

2. ควรที่จะศึกษาการเชื่อมโลหะแบบแก๊สทังสเตนอาร์ค (GTAW) ในเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด AISI 316L ที่มีความหนาแตกต่างกันเพื่อดูว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

3. ควรศึกษาการออกแบบการทดลองก่อนดำเนินการทดลอง เพื่อให้การทดลองดำเนินการไปได้ด้วยความถูกต้องสมบูรณ์และรวดเร็ว

4. ควรศึกษาและฝึกฝนวิธีการควบคุมหุ่นยนต์แขนกลก่อนดำเนินการทดลองเพื่อจะได้ทราบถึงข้อจำกัดของหุ่นยนต์และสามารถประยุกต์การควบคุมได้

5. ศึกษาวิธีการทดสอบชิ้นงานก่อนทำการทดสอบ เพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการใช้เครื่องมือและห้องปฏิบัติการ



THANK YOU!



Kunsit Kosai

590610254



Nattawat Yooaon

590610276

Please feel free to contact us if you need any further information

