

# การปรับปรุงความแข็งแรงระดับจุลภาคของรอยเชื่อมแบบแก๊สทังสเตนอาร์ก ด้วยกระบวนการรีดลึก

นางสาวลดา สมศรี นายชานนท์ มณีศรี  
ผศ.ดร.วชิธร นาคเขียว

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



## บทนำ

เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด SUS304 เป็นหนึ่งในเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนดี และยังทนต่อความร้อนได้สูง ปัญหาที่เกิดขึ้นจากเชื่อมคือ ผลจากการกระจายอุณหภูมิภายในชิ้นงานไม่เท่ากันทั่วถึงทุกจุดโดยส่วนที่ความร้อนจากการเชื่อมจะเกิดการขยายตัวแต่เนื้อโลหะที่ไม่ได้รับความร้อนจะต้านทานไว้ส่งผลต่อความแข็งแรงระดับจุลภาคของรอยเชื่อม โดยกระบวนการปรับสภาพผิวงานโดยใช้กระบวนการรีดลึกมีข้อดี คือ กระบวนการรีดลึกจะปรับผิวมากกว่ากระบวนการอื่น ๆ โดยทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเต็มจำนวน เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของปัจจัยของกระบวนการรีดลึกที่มีผลต่อค่าความแข็งแรงของแนวรอยเชื่อม

## วัตถุประสงค์

- เพื่อทราบผลกระทบของปัจจัยของกระบวนการรีดลึกที่มีต่อความแข็งแรงระดับจุลภาค
- เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงระดับจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 หลังกระบวนการเชื่อมแบบแก๊สทังสเตนอาร์กด้วยกระบวนการรีดลึก

## 2 ออกแบบการทดลองการรีดลึกโดยใช้วิธีเชิงแฟกทอเรียลแบบเต็มรูปแบบ

| ปัจจัย                                                                 | สัญลักษณ์ | ระดับต่ำ   | ระดับสูง    |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-------------|
| 1. ความเร็วในการเคลื่อนที่หัวกด (มิลลิเมตรต่อวินาที)                   | A         | 75         | 150         |
| 2. แรงกดของหัวกด (บาร์)                                                | B         | 200        | 270         |
| 3. ระยะห่างระหว่างเส้นที่หัวกดเกิดการทับกันและรีดไปและกลับ (มิลลิเมตร) | C         | 0.1        | 0.2         |
| 4. ทิศทางการรีดลึก                                                     | D         | ตามยาว (V) | ตามขวาง (H) |

### ขั้นตอนกระบวนการรีดลึก



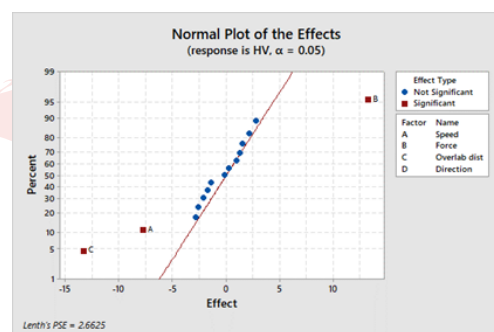
- ทำการทดลองทั้งหมด 1 ชั่วโมงจำนวน 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ ดังนั้นจะได้จำนวนการทดลองทั้งหมด 16 การทดลอง โดยมีค่าผลตอบสนอง (Response) คือค่าความแข็งแรงความแข็งแรงวิกเกอร์ (HV)

## 2. ใช้โปรแกรม Minitab 18 ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล

| Term                               | Effect   | Coef     | SE Coef | T-Value | P-Value | VIF  |
|------------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------|------|
| Constant                           |          | 185.6    |         |         |         |      |
| Speed                              | -7.800   | -3.900   | *       |         |         | 1.00 |
| Force                              | 13.200   | 6.600    | *       |         |         | 1.00 |
| Overlap dist                       | -13.325  | -6.663   | *       |         |         | 1.00 |
| Direction                          | -2.175   | -1.088   | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Force                        | -2.850   | -1.425   | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Overlap dist                 | 2.125    | 1.062    | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Direction                    | 1.2750   | 0.6375   | *       |         |         | 1.00 |
| Force*Overlap dist                 | -1.7750  | -0.8875  | *       |         |         | 1.00 |
| Force*Direction                    | 2.725    | 1.362    | *       |         |         | 1.00 |
| Overlap dist*Direction             | -1.4000  | -0.7000  | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Force*Overlap dist           | 0.2250   | 0.1125   | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Force*Direction              | -0.17500 | -0.08750 | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Overlap dist*Direction       | 0.9000   | 0.4500   | *       |         |         | 1.00 |
| Force*Overlap dist*Direction       | -2.650   | -1.325   | *       |         |         | 1.00 |
| Speed*Force*Overlap dist*Direction | 1.5000   | 0.7500   | *       |         |         | 1.00 |

คำนวณโดยโปรแกรม Minitab 18

ทำการสร้างกราฟพล็อตความน่าจะเป็นแบบปกติของค่าผลกระทบมาใช้ในการคำนวณการประมาณผลเชิงแฟกทอเรียลทั้ง 15 ตัว



| Source | DF | Adj SS | Adj MS | F-Value | P-Value |
|--------|----|--------|--------|---------|---------|
| Model  | 3  | 1650.5 | 550.18 | 39.59   | 0.000   |
| Linear | 3  | 1650.5 | 550.18 | 39.59   | 0.000   |
| A      | 1  | 243.4  | 243.36 | 17.51   | 0.001   |
| B      | 1  | 697    | 696.96 | 50.15   | 0.000   |
| C      | 1  | 710.2  | 710.22 | 51.1    | 0.000   |
| Error  | 12 | 166.8  | 13.9   |         |         |
| Total  | 15 | 1817.3 |        |         |         |

วิเคราะห์การออกแบบแฟกทอเรียล (Analysis Factorial Design)

นำค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ของแต่ละปัจจัย ใช้ในการสร้างสมการทำนาย

$$\text{Maximum HV} = 152.97 - 0.1040 A + 0.1886 B - 133.3 C$$

## 4 เปรียบเทียบค่าของความแข็งแรงและโครงสร้างจุลภาคก่อนและหลังกระบวนการรีดลึก

### เปรียบเทียบค่าความแข็งแรง

เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงด้วยฟังก์ชัน T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์จากโปรแกรม Minitab 18

## One-Sample T: HV

### Descriptive Statistics

| N  | Mean   | StDev | SE Mean | 95% CI for $\mu$ |
|----|--------|-------|---------|------------------|
| 16 | 165.60 | 11.01 | 2.75    | (159.73, 171.47) |

$\mu$ : mean of HV

### Test

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| Null hypothesis        | $H_0: \mu = 121.9$    |
| Alternative hypothesis | $H_1: \mu \neq 121.9$ |
| T-Value                | P-Value               |
| 15.88                  | 0.000                 |

ผลตอบค่าความแข็งแรงมีค่า P-Value (0.000)<0.05 แสดงว่าทั้งสองค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าค่าความแข็งแรงหลังกระบวนการรีดลึกมีค่ามากกว่าก่อนกระบวนการรีดลึก

## ขั้นตอนการดำเนินงาน

### 1 ทดลองเชื่อมและทำการวัดความแข็งก่อนกระบวนการรีดลึก



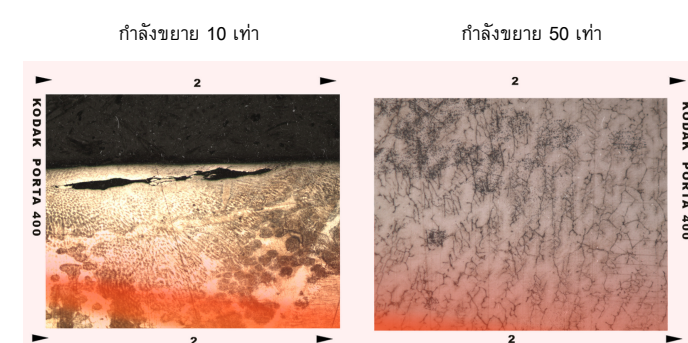
### ขั้นตอนการวัดค่าความแข็ง



| ขั้นตอนการวัดค่าความแข็ง | ค่าความแข็ง (HV) |
|--------------------------|------------------|
| 1                        | 121.9            |

### ค่าความแข็งก่อนกระบวนการรีดลึก

### โครงสร้างจุลภาคก่อนกระบวนการรีดลึก

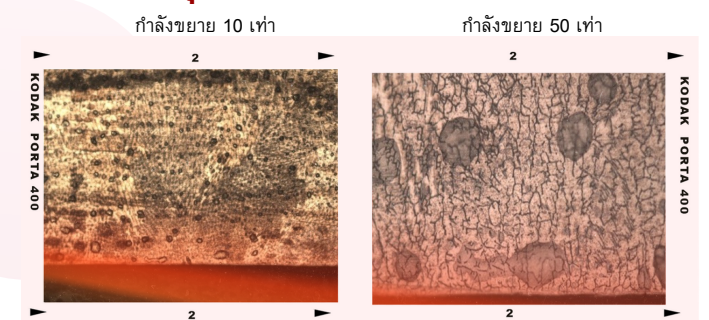


### 3 วัดค่าความแข็ง และโครงสร้างจุลภาคหลังกระบวนการรีดลึก

#### 1. ค่าความแข็งหลังกระบวนการรีดลึก

| ลำดับการทดลองมาตรฐาน | ลำดับการทดลองสุ่ม | ปัจจัย |     |     |   | ผลตอบ |
|----------------------|-------------------|--------|-----|-----|---|-------|
|                      |                   | A      | B   | C   | D |       |
| 1                    | 1                 | 75     | 200 | 0.1 | V | 172.3 |
| 2                    | 2                 | 150    | 200 | 0.1 | V | 163.4 |
| 3                    | 15                | 75     | 270 | 0.1 | V | 183.3 |
| 4                    | 6                 | 150    | 270 | 0.1 | V | 171.6 |
| 5                    | 8                 | 75     | 200 | 0.2 | V | 157.0 |
| 6                    | 7                 | 150    | 200 | 0.2 | V | 153.1 |
| 7                    | 4                 | 75     | 270 | 0.2 | V | 172.3 |
| 8                    | 13                | 150    | 270 | 0.2 | V | 160.5 |
| 9                    | 12                | 75     | 200 | 0.1 | H | 164.1 |
| 10                   | 14                | 150    | 200 | 0.1 | H | 159.3 |
| 11                   | 5                 | 75     | 270 | 0.1 | H | 189.2 |
| 12                   | 10                | 150    | 270 | 0.1 | H | 174.9 |
| 13                   | 11                | 75     | 200 | 0.2 | H | 152.5 |
| 14                   | 3                 | 150    | 200 | 0.2 | H | 150.3 |
| 15                   | 16                | 75     | 270 | 0.2 | H | 165.3 |
| 16                   | 9                 | 150    | 270 | 0.2 | H | 160.5 |

#### 3. โครงสร้างจุลภาคหลังกระบวนการรีดลึก



## 5 สรุปผลการดำเนินงาน

- ค่าความแข็งแรงหลังกระบวนการรีดลึกมีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นกระบวนการรีดลึกช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงได้
- ผลของการส่องดูโครงสร้างจุลภาคพบว่าหลังกระบวนการรีดลึกไม่ก่อให้เกิดความเสียหายของเกรนและยังช่วยปรับปรุงเกรนให้ดีขึ้น

