

กรมทางหลวง  
กองวิเคราะห์และวิจัย  
วิธีการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบผิวของแผ่นเหล็ก, ท่อนเหล็ก  
(เทียบเท่า ASTM Designation A 90)

\* \* \* \* \*

## 1. ขอบข่าย

วิธีการทดลองนี้เป็นการทดลอง เพื่อหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบผิวของแผ่นเหล็ก, ท่อนเหล็ก และเส้นลวดชนิดต่างๆ วิธีการนี้ได้ปรับปรุงมาจาก ASTM Designation A 90

## 2. วิธีทำ

### 2.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ทำการทดลองประกอบด้วย

- 2.1.1 เครื่องชั่งชนิดอ่านได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม
- 2.1.2 หม้ออบกันความชื้น (Desiccator)
- 2.1.3 เทอร์โมมิเตอร์ ชนิดวัดได้ 0-100° ซ.
- 2.1.4 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 400 และ 2,000 มิลลิลิตร
- 2.1.5 เตาอบ สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 105-110° ซ.
- 2.1.6 ตะเกียงแก๊ส หรือเตาไฟฟ้าแบบแผ่นให้ความร้อน (Hot plate)
- 2.1.7 นาฬิกาจับเวลา
- 2.1.8 เวอร์เนีย (Vernier) วัดได้ละเอียด 0.5 มิลลิเมตร

### 2.2 วัสดุที่ใช้ประกอบการทดลอง

- 2.2.1 อะซิโตน (Acetone) ชนิดธรรมดา (Commercial grade)
- 2.2.2 กรดเกลือเข้มข้น (ถ.พ. 1.19) ชนิดบริสุทธิ์ (Reagent grade)
- 2.2.3 สารละลายแอนติโมนีคลอไรด์ (Antimony chloride solution)

เตรียมได้จากการชั่งสารแอนติโมนีคลอไรด์ ( $SbCl_3$ ) มา 32.0 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์  
ค่อยๆ เติมกรดเกลือเข้มข้น ตามข้อ 2.2.2 จำนวน 1,000 มิลลิลิตร ลงไป แล้วกวนให้ละลายหมด

- 2.2.4 เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol)

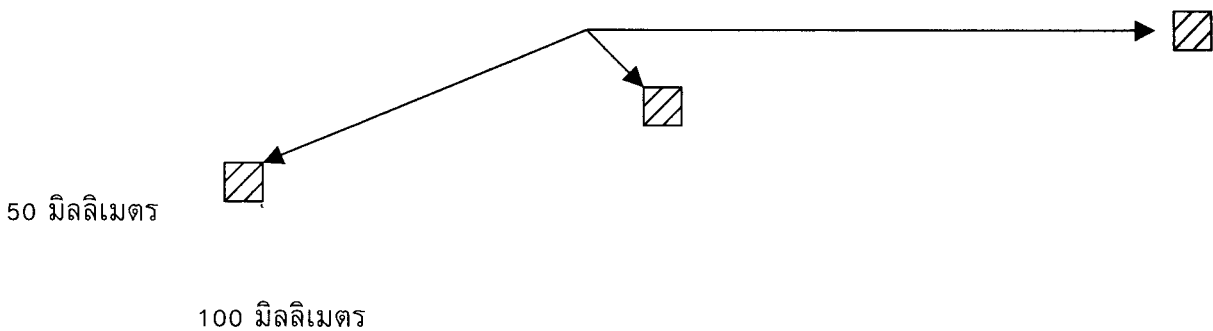
### 2.3 แบบฟอร์ม

ใช้แบบฟอร์มที่ ว. 5-01

## 2.4 การเตรียมตัวอย่าง

2.4.1 ในกรณีที่วัสดุเป็นแผ่น เช่น แผ่นเหล็ก ให้ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดกว้างด้านละ  $50 \pm 1$  มิลลิเมตร หรือวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $50 \pm 1$  มิลลิเมตร การเตรียมตัวอย่างแต่ละครั้งให้เตรียมตัวอย่าง 3 แผ่น โดยตัดจากตรงกลางแผ่นเหล็ก 1 แผ่น และที่มุม ซึ่งอยู่ตรงข้ามกันอีกมุมละ 1 แผ่น จุดที่จะตัดนี้ต้องอยู่ห่างจากปลายของแผ่นเหล็กอย่างน้อย 100 มิลลิเมตร และห่างจากด้านข้างของแผ่นเหล็กอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร (ตามรูปที่ 1) ถ้าแผ่นเหล็กนั้นมีความกว้างน้อยกว่า 50 มิลลิเมตร ให้ตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีพื้นที่ 2,500 ตารางมิลลิเมตร

บริเวณที่ตัดตัวอย่าง



รูปที่ 1 แสดงจุดที่ตัดตัวอย่างจากแผ่นเหล็ก

2.4.2 ในกรณีที่วัสดุเป็นเส้นลวดให้ตัดเส้นลวดยาว 300 ถึง 600 มิลลิเมตร จำนวน 3 ท่อน

2.4.3 ในกรณีที่วัสดุเป็นสลักเกลียว (Bolt) หรือตะปูควง ให้ตัดเฉพาะส่วนที่ไม่มีเกลียวมายาว 30 มิลลิเมตร หรือความยาวน้อยกว่านี้เท่าที่จะสามารถตัดมาทดลองได้

2.4.4 ในกรณีที่วัสดุเป็นสลักเกลียว ชนิดที่มีเกลียวตลอดให้ตัดมายาว 30 มิลลิเมตร หรือความยาวน้อยกว่านี้เท่าที่จะสามารถตัดมาทดลองได้

2.4.5 ในกรณีที่วัสดุเป็นลวดหนาม (Barbed wire) ตัดลวดหนามนั้นมาให้ยาวพอที่จะมีหนามอยู่อย่างน้อย 6 หนาม ในส่วนที่ตัดนั้น

2.4.6 นำตัวอย่างที่ได้นั้นมาแช่ในอาซีโตนชนิดธรรมดา 30 นาที แล้วนำไปจุ่มในเอทิลแอลกอฮอล์อีกครั้งหนึ่ง ก่อนที่จะนำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ  $105-110^{\circ}$  ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกมาใส่ในหม้ออบกันความชื้น ปล่อยให้เย็น

**2.5 การทดลอง**

2.5.1 นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาชั่ง แล้วบันทึกน้ำหนักละเอียดถึง 0.0001 กรัม

2.5.2 ผสมสารละลายแอนติโมนีคลอไรด์ ตามข้อ 2.2.3, 5 มิลลิลิตร ลงไปในกรดเกลือ (ถ.พ. 1.19) 100 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันดี

2.5.3 นำแผ่นตัวอย่างที่ชั่งแล้ว มาแช่ลงในสารละลายที่เตรียมไว้ในข้อ 2.5.2 ที่ตัวอย่างจนกระทั่งปฏิกิริยาของการเกิดแก๊สไฮโดรเจนสงบลง และเหลือฟองแก๊สผุดขึ้นมาเพียงเล็กน้อย (เวลาในการแช่ประมาณ 15-30 วินาที) อุณหภูมิของสารละลายก่อนแช่ต้องไม่เกิน 38°ซ.

2.5.4 นำตัวอย่างจากข้อ 2.5.3 ไปล้างน้ำ ซึ่งไหลอยู่ตลอดเวลา ขณะล้างใช้เศษผ้าหรือฟองน้ำขัดที่ผิวของตัวอย่างด้วย แล้วนำไปจุ่มในน้ำร้อน (ประมาณ 80°ซ.)

2.5.5 นำตัวอย่างนี้ไปอบให้แห้งในเตาอบที่ 105-110°ซ. นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่ในหม้ออบกันความชื้นปล่อยให้เย็น แล้วชั่งน้ำหนักอย่างละเอียดถึง 0.0001 กรัม

**3. การคำนวณ**

3.1 ถ้าตัวอย่างเป็นแผ่นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ให้คำนวณดังนี้

$$\text{น้ำหนักสะเกสีที่อบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\text{ความกว้าง (มม.)} \times \text{ความยาว (มม.)}}$$

3.2 ถ้าตัวอย่างเป็นแผ่นรูปวงกลม ให้คำนวณดังนี้

$$\text{น้ำหนักสะเกสีที่อบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 4 \times 10^6}{\pi d^2}$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างเป็นมิลลิเมตร

3.3 ถ้าตัวอย่างเป็นลวดหรือลวดหนาม ให้คำนวณดังนี้

$$\text{น้ำหนักสะเกสีที่อบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{w_1 - w_2}{w_2} \times d \times 1,960$$

เมื่อ  $w_1$  = น้ำหนักของตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย

$w_2$  = น้ำหนักของตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวอย่างหนึ่งเส้น หลังจากจุ่มในสารละลายแล้วเป็นมิลลิเมตร

1,960 = เป็นค่าคงที่

3.4 ถ้าตัวอย่างเป็นสลักเกลียว และตัดตัวอย่างตามข้อ 2.4.3 ให้คำนวณดังนี้

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\pi d \times \text{ความยาวของตัวอย่าง (มม.)}}$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่างเป็นมิลลิเมตร

3.5 ถ้าตัวอย่างเป็นสลักเกลียว และตัดตัวอย่างตามข้อ 2.4.4 ให้คำนวณดังต่อไปนี้

3.5.1 ในกรณีที่ตัดโดยปลายข้างหนึ่งมีสังกะสีอาบอยู่

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\pi/2 (D^2 - d^2) N + \pi/16 (D+d)^2}$$

3.5.2 ในกรณีที่ตัดโดยปลายทั้งสองข้างไม่มีสังกะสีอาบ

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\pi/2 (D^2 - d^2) N}$$

เมื่อ D = เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบนอกของเกลียว (มิลลิเมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบในของเกลียว (มิลลิเมตร)

N = จำนวนเกลียวบนตัวอย่าง

4. การรายงาน ให้รายงานในแบบฟอร์ม ตามข้อ 2.3

## 5. ข้อควรระวัง

5.1 ในการแช่ตัวอย่างแต่ละครั้งควรเปลี่ยนสารละลายทุกครั้ง ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้สารละลายเป็นครั้งที่สอง ในเวลาใกล้เคียงกัน อุณหภูมิของสารละลายต้องไม่เกิน 38°ซ.

5.2 การแช่ตัวอย่างในสารละลายควรแช่ตัวอย่างให้อยู่ในลักษณะตั้ง

5.3 สารละลายที่เตรียมได้ในข้อ 2.5.2 สามารถนำมาใช้ทดลองได้หลายครั้ง แต่ไม่ควรเกิน 5 ครั้ง

## 6. หนังสืออ้างอิง

6.1 มาตรฐานกรมวิทยาศาสตร์ มอก. 50-2516

6.2 American Society of Testing Materials. ASTM Designation A 90

## กองวิเคราะห์และวิจัย

### กรมทางหลวง

อันดับการทดลองที่..... หนังสือที่ .....  
 เจ้าของตัวอย่าง ..... วันที่รับหนังสือ .....  
 ทางสาย .....  
 วันที่รับตัวอย่าง ..... วันที่ทดลอง ..... เจ้าหน้าที่ทดลอง .....

\* \* \* \* \*

### ผลการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบผิวเหล็กโดยวิธีแอนติโมนีคลอไรด์

ตัวอย่างที่	น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)	หมายเหตุ

#### หมายเหตุ

ผลการทดลองนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่กองวิเคราะห์และวิจัยได้รับเท่านั้น  
 ค่าธรรมเนียมการทดลองเป็นเงิน ..... บาท

## การคำนวณ

## 1. รายละเอียดการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบแผ่นเหล็กรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
ความกว้างของแผ่นเหล็ก เป็นมิลลิเมตร	50.000	50.000	
ความยาวของแผ่นเหล็ก เป็นมิลลิเมตร	53.000	53.000	
น้ำหนักของตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	49.5600	49.5300	
น้ำหนักของตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	44.6800	44.6100	

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\text{ความกว้าง (มม.)} \times \text{ความยาว (มม.)}}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ก.} \quad \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(49.5600 - 44.6800) \times 10^6}{50 \times 53} \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 1,841.5094 \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ข.} \quad \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(49.5300 - 44.6100) \times 10^6}{50 \times 53} \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 1,856.6087 \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบโดยเฉลี่ย} = 1,849.0565 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

## การคำนวณ

## 2. รายละเอียดการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบแผ่นเหล็กรูปวงกลม

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร (d)	50.000	50.000	
น้ำหนักของตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	48.3139	48.2432	
น้ำหนักของตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	44.6800	44.6100	

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 4 \times 10^6}{\pi d^2}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ก. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(48.3139 - 44.6800) \times 4 \times 10^6}{3.143 \times (50)^2} && \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 1,849.9602 && \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ข. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(48.3432 - 44.6100) \times 4 \times 10^6}{3.143 \times (50)^2} && \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 1,849.6038 && \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบโดยเฉลี่ย} = 1,849.7820 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

## การคำนวณ

## 3. รายละเอียดการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบตัวอย่างเป็นลวดหรือลวดหนาม

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
น้ำหนักลวดตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม (W <sub>1</sub> )	37.6302	37.4204	
น้ำหนักลวดตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม (W <sub>2</sub> )	36.8259	36.634	
เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดตัวอย่างหนึ่งเส้นหลังจากจุ่มในสารละลายแล้ว เป็นมิลลิเมตร (d)	2.578	2.578	

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{W_1 - W_2 \times d \times 1,960}{W_2}$$

$$\text{ตัวอย่าง ก. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} = \frac{(37.6032 - 36.8259) \times 2.578 \times 1,960}{36.8259} \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

$$= 106.6574 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

$$\text{ตัวอย่าง ข. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} = \frac{(37.4204 - 36.6134) \times 2.578 \times 1,960}{36.6134} \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

$$= 111.3754 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบโดยเฉลี่ย} = 109.0159 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$



## การคำนวณ

## 4. รายละเอียดการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบสลักเกลียว เมื่อตัดเฉพาะส่วนที่ไม่มีเกลียว

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
ความยาวของตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร	35.712	33.731	
เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร (d)	15.875	16.002	
น้ำหนักของตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	54.420	52.1565	
น้ำหนักของตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	53.2630	51.3108	

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\pi d \times \text{ความยาวของตัวอย่าง (มม.)}}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ก. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(54.4120 - 53.2630) \times 10^6}{3.143 \times 15.875 \times 35.712} && \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 644.80 && \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ข. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(52.1565 - 51.3108) \times 10^6}{3.143 \times 16.002 \times 33.73} && \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 498.40 && \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบโดยเฉลี่ย} = 571.60 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

## การคำนวณ

5.1 รายละเอียดการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบสลักเกลียว ชนิดที่มีเกลียวตลอด ในกรณีที่ตัด โดยปลายข้างหนึ่งมีสังกะสีอาบอยู่

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
ความยาวของตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร	27.528	37.023	
จำนวนเกลียวของตัวอย่าง (N)	14	14	
เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบนอกของเกลียว เป็นมิลลิเมตร (D)	15.494	15.494	
เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบในของเกลียว เป็นมิลลิเมตร (d)	13.284	13.409	
น้ำหนักของตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	32.1404	32.7408	
น้ำหนักของตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	30.9396	31.1075	

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\pi/2 (D^2 - d^2) N + \pi/16 (D+d)^2}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ก. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(32.1404 - 30.9396) \times 10^6}{3.143/2[(15.494)^2 - (13.284)^2] \times 14 + 3.143(15.494 + 13.284)^2} \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 768.80 \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ข. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(32.7408 - 31.1075) \times 10^6}{3.143/2[(15.494)^2 - (13.409)^2] \times 14 + 3.143(15.494 + 13.409)^2} \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 1,097.20 \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบโดยเฉลี่ย} = 933.00 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$

## การคำนวณ

5.2 รายละเอียดการทดลองหาน้ำหนักสังกะสีที่อาบสลักเกลียว ชนิดที่มีเกลียวตลอด ในกรณีที่ตัด โดยปลายทั้งสองข้างไม่มีสังกะสีอาบ

รายละเอียด	ก	ข	หมายเหตุ
ความยาวของตัวอย่าง เป็นมิลลิเมตร	29.528	30.023	
จำนวนเกลียวของตัวอย่าง (N)	14	14	
เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบนอกของเกลียว เป็นมิลลิเมตร (D)	15.494	15.494	
เส้นผ่านศูนย์กลางของขอบในของเกลียว เป็นมิลลิเมตร (d)	13.284	13.409	
น้ำหนักของตัวอย่างก่อนจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	32.1404	32.7408	
น้ำหนักของตัวอย่างหลังจุ่มในสารละลาย เป็นกรัม	31.0497	31.2175	

$$\text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบ (กรัม/ตร.ม.)} = \frac{\text{น้ำหนักที่ลดลงของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}{\pi/2 (D^2 - d^2) N}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ก. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(32.1404 - 31.0497) \times 10^6}{3.143/2 [(15.494)^2 - (13.284)^2] \times 14} \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 779.4 \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ตัวอย่าง ข. น้ำหนักสังกะสีที่อาบ} &= \frac{(32.7408 - 31.1075) \times 10^6}{3.143/2 [(15.494)^2 + (13.409)^2] \times 14} \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \\ &= 1,148.9 \quad \text{กรัม/ตร.ม.} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{น้ำหนักสังกะสีที่อาบโดยเฉลี่ย} = 964.15 \quad \text{กรัม/ตร.ม.}$$