

## บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

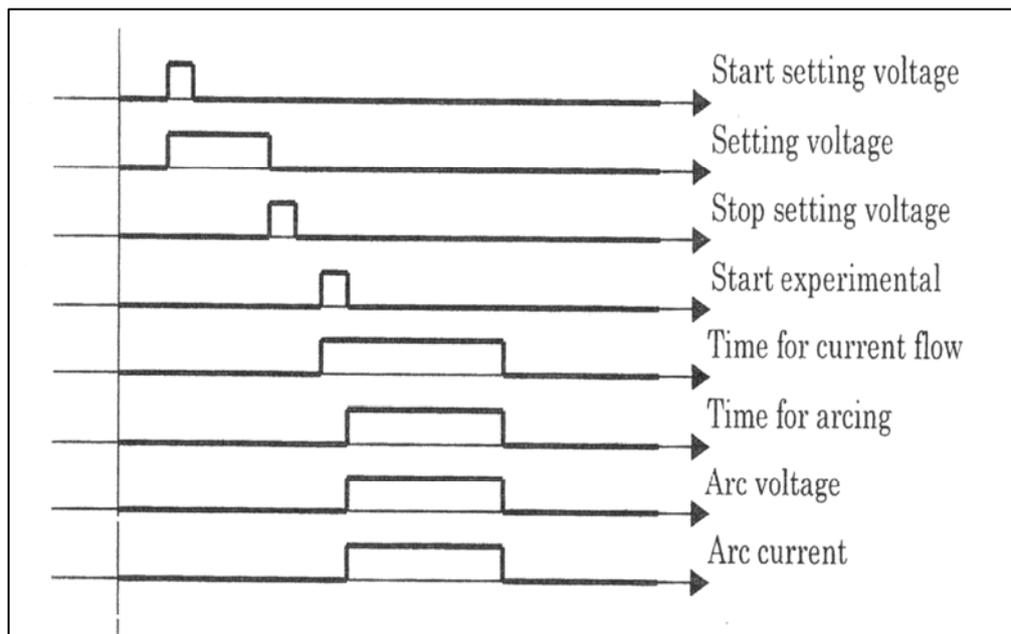
1. ขั้นตอนเตรียมระบบเครื่องมือทางไฟฟ้าและชุดควบคุมการปิดเปิดหน้าสัมผัส
2. ขั้นตอนเตรียมต่อ วงจรการทดลองเข้ากับ วัสดุอุปกรณ์
3. ขั้นตอนทดลองและบันทึกข้อมูล

### 3.1 กระบวนการอาร์ค

การวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้อุปกรณ์ Magnetic contact , Relay, Timer ในการควบคุมส่วนต่างๆดังนี้คือ แรงดันที่ป้อน, โซลีนอยวาล์ว, เวลาในการอาร์คและเวลาสำหรับการไหลของกระแส รายละเอียดของวงจรการทดลองจะแสดงในรูปที่ 3.1

### 3.2 ชุดควบคุมการปิดเปิดหน้าสัมผัส

ผู้วิจัยได้ใช้ระบบนิวมติกสำหรับการควบคุมแรงดันของอากาศสำหรับการปิดและเปิดหน้าสัมผัสของการอาร์คของขั้วอิเล็กโทรด โดยก้านของกระบอกสูบจะต่อตรงไปยังก้านของขั้วอิเล็กโทรดที่อยู่บริเวณด้านบนและมีสปริงเป็นตัวรับแรงดังแสดงในรูปที่ 3.2

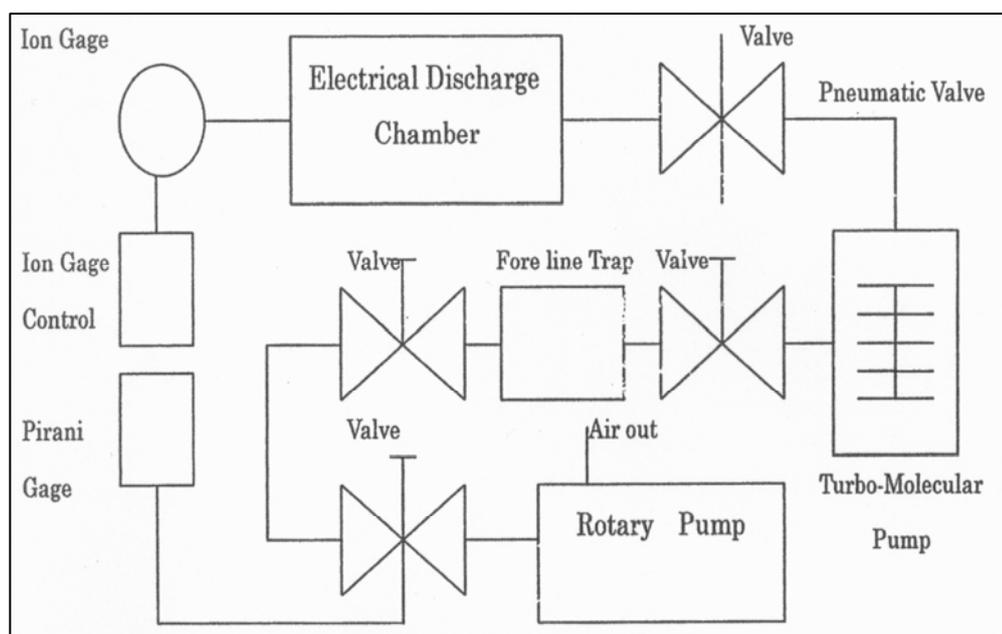


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนของกระบวนการอาร์ค

### 3.3 เครื่องมือสำหรับการทดลอง

#### 3.3.1 อุปกรณ์สำหรับระบบสุญญากาศ

อุปกรณ์สำหรับระบบสุญญากาศที่ใช้ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วงจรสำหรับระบบสุญญากาศ

#### 3.3.2 ห้องอาร์คสุญญากาศ

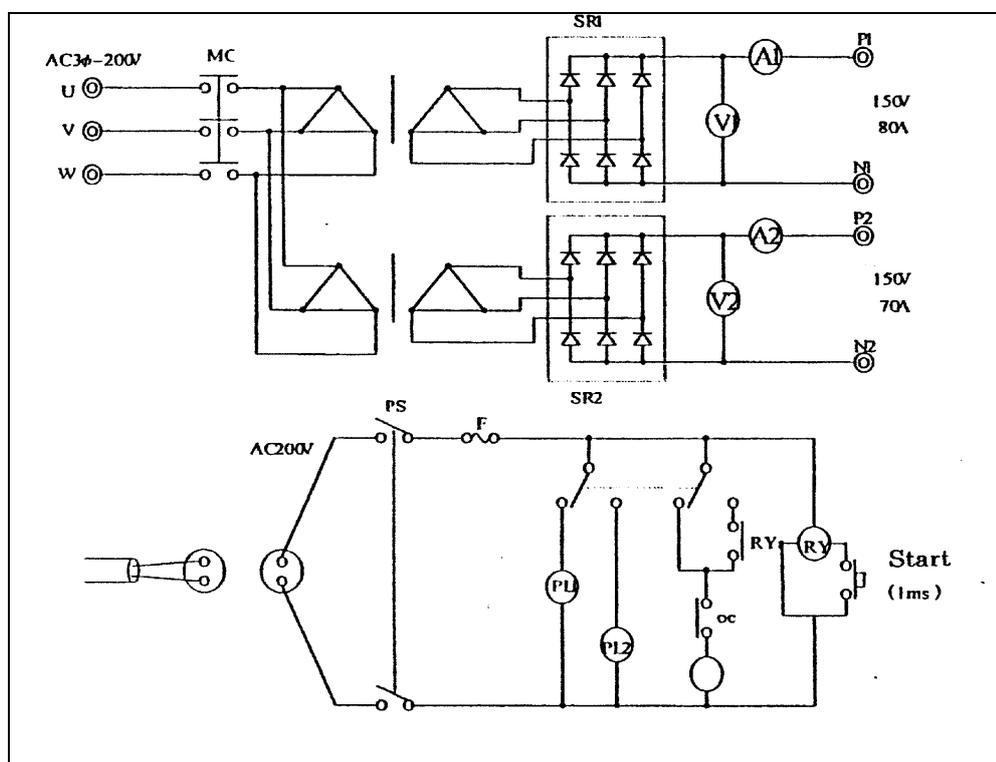
ขั้วอิเล็กโทรดจะอยู่ในห้องที่เป็นระบบสุญญากาศและใช้วัสดุที่เป็นพลาสมาเดียวกับนิกเกิลที่ผิวหน้าเทอร์โมคัปเปิลจะถูกต่อไว้ที่ด้านบนของขั้วอิเล็กโทรดและใช้สายต่อออกมาสำหรับวัดอุณหภูมิ ห้องอาร์คสุญญากาศ

#### 3.3.3 ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับการอาร์ค

ชุดจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการอาร์คในการวิจัยนี้แสดงรูปด้านหน้าและวงจรภายในดังรูปที่ 3.3 และ 3.4



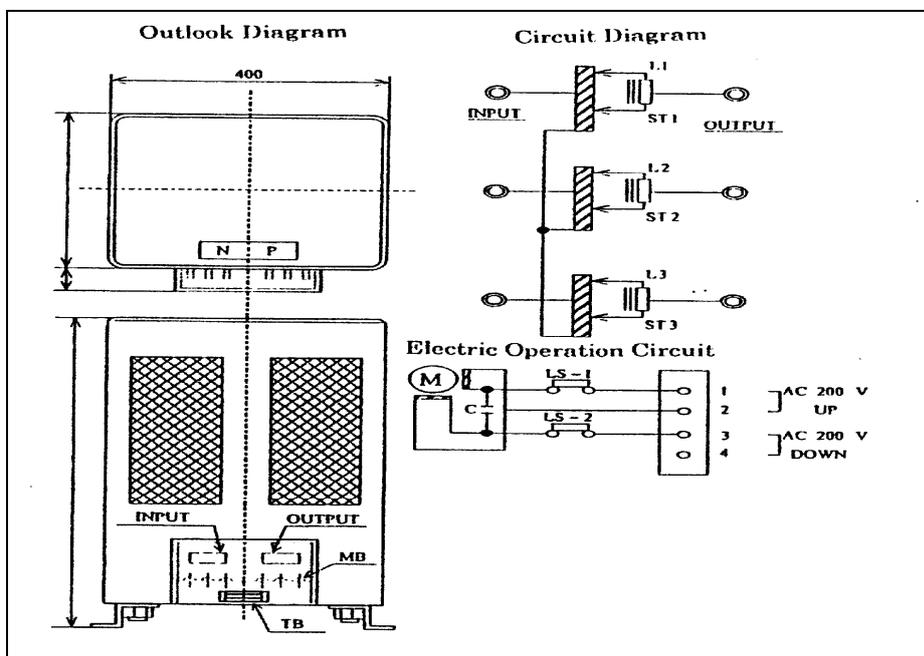
รูปที่ 3.3 ด้านหน้าของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 วงจรภายในของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

### 3.3.4 ด้านข้างของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

ด้านข้างของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้านี้มีอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปรับแรงดันที่ใช้สำหรับจ่ายให้กับ การอาร์คดังแสดงในรูปที่ 3.5 และ 3.6



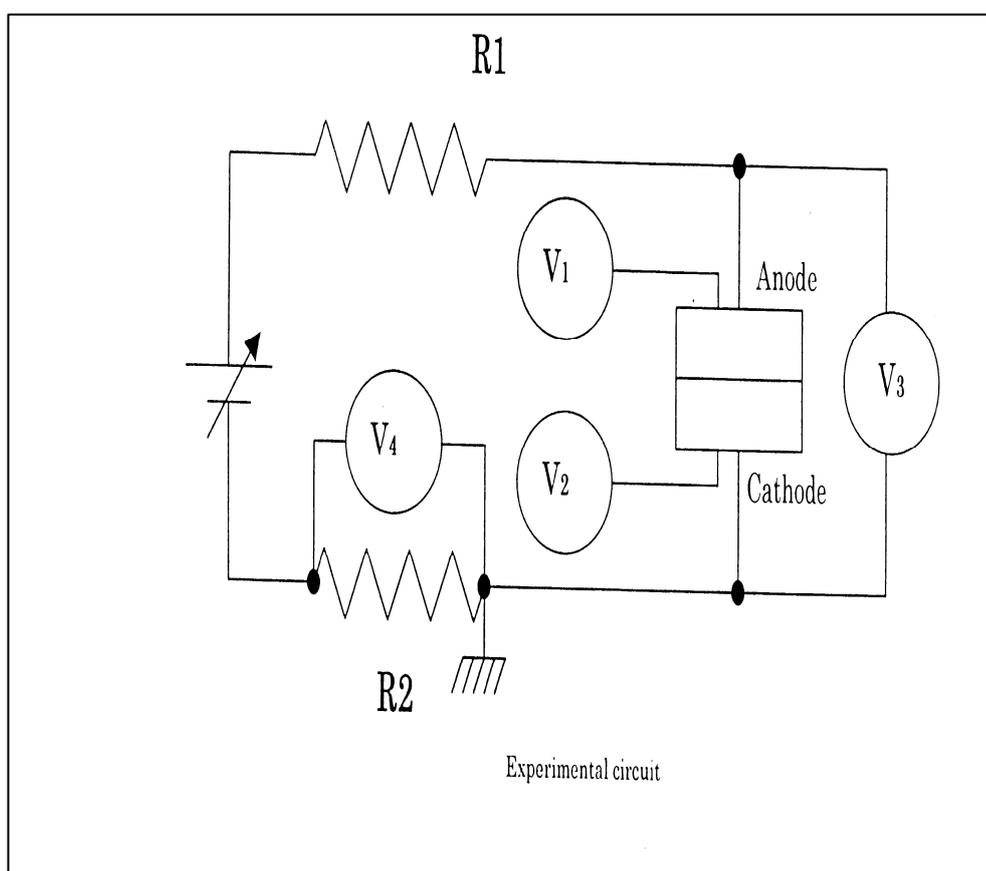
รูปที่ 3.5 วงจรด้านข้างของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.6 ด้านข้างของชุดจ่ายกระแสไฟฟ้า

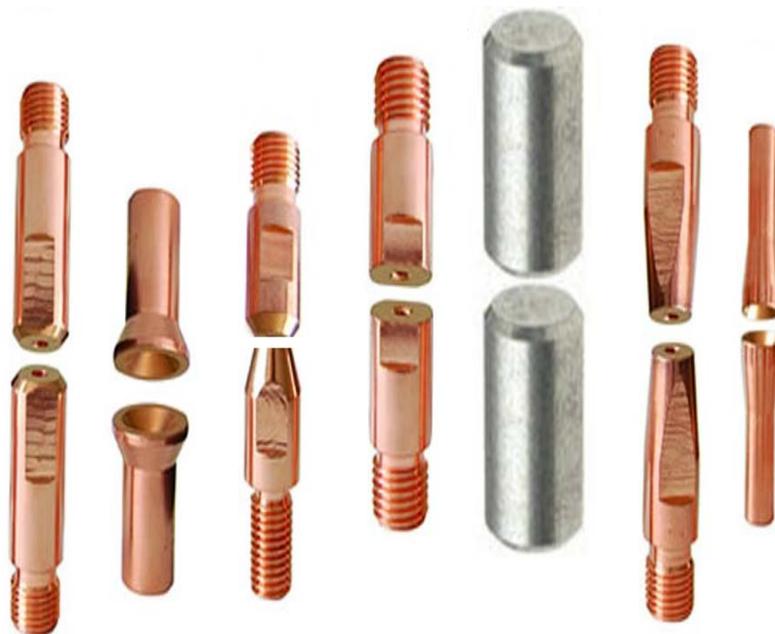
### 3.3.5 วงจรการทดลอง

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการต่อวงจรทดลองดังในรูปที่ 3.9 โดยมีมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าจำนวน 4 ชุดคือ วัด V1, V2, V3 และ V4 เป็นการวัดอุณหภูมิที่ขั้วแคโทด ,อุณหภูมิที่ขั้วแอโนด ,แรงดันที่ อาร์ค และกระแสทุกๆชุด ความต้านทาน R1 และ R2 ใช้สำหรับการจำกัดกระแส ที่ไหลในวงจร และ กระแสที่วัดจากการอาร์คความต้านทานR2เป็นตัวที่ต่อขนานกับแอมป์มิเตอร์เพื่อเป็นการ ขยายย่านวัด การทดสอบความไม่เสถียรภาพของการอาร์คในสภาวะอากาศนั้นจะมีความสัมพันธ์อยู่ระหว่างอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปกับพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้ การวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นผู้วิจัยได้ใช้ อุปกรณ์ เทอร์โมคัปเปิลต่อเข้าไปและอ่านค่าที่วัดได้ในรูปของแรงดันเป็นมิลลิโวลท์คือ V1วัดที่ขั้วแคโทดและV2วัดค่าที่ขั้วแอโนด



รูปที่ 3.7 วงจรการทดลอง

### 3.3.6 ขั้วอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 3.8 ขั้วอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากพลาเดียมกับนิกเกิล

### 3.3.7 เงื่อนไขในการทดลอง

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยกำหนดขนาดของขั้วอิเล็กทรอนิกส์ดังนี้คือ เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาด 40 มิลลิเมตร ความหนา มีขนาด 26 มิลลิเมตร ขั้วอิเล็กทรอนิกส์ ต่อกับด้ามภายนอกที่มีขนาดรอบนอก เท่ากับ 19 มิลลิเมตร หนา 0.5 มิลลิเมตร และยาวเท่ากับ 113 มิลลิเมตร และทำจากทองแดงบริสุทธิ์ แรงดันอากาศภายในห้องกายประจุมีค่า  $1 * 10^{-6}$  และระยะห่างของขั้วอิเล็กทรอนิกส์มีค่า 1-2 มิลลิเมตร

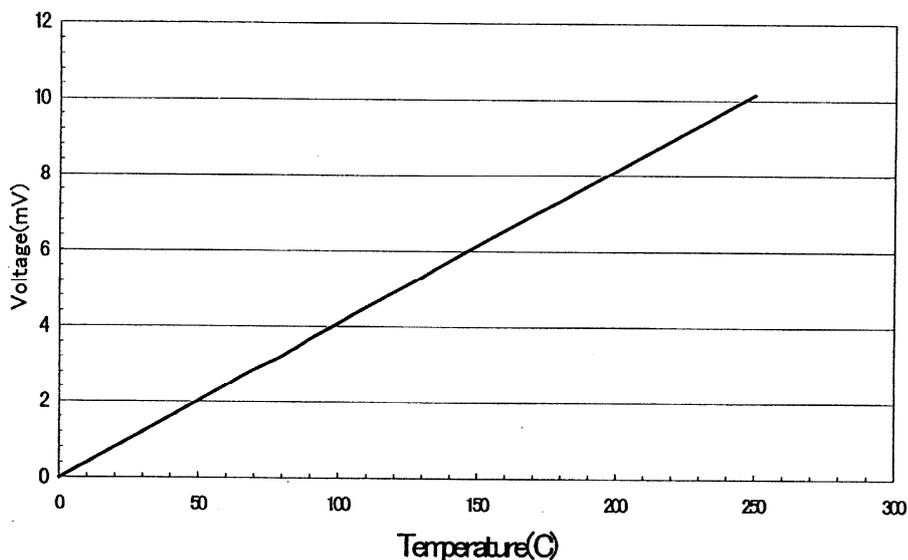
### 3.3.8 ข้อกำหนดของการทดลอง

#### 3.3.8.1 ข้อกำหนดของค่าความเป็นสุญญากาศ

ก่อนที่จะทำการอาร์กผู้วิจัยได้ทำการตั้งค่าการระบบของสุญญากาศในห้องคาบประจุโดยใช้เวลาในการเวคัมให้มากกว่า 6 ชั่วโมง

#### 3.3.8.2 ข้อกำหนดของค่าในการวัด

การวัดค่าต่างๆในการวิจัยนี้ผู้วิจัยตั้งย่านของกระแสอาร์คไว้ที่ 19-70 แอมแปร์, ตั้งค่าระยะห่างของการอาร์คไว้ที่ 1-2 มิลลิเมตร และแรงดันของสุญญากาศที่สูงกว่า  $1 * 10^{-6}$  หลังจากตั้งค่าต่างๆเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยได้กำหนดเวลาของการอาร์คไว้คือ ที่กระแสต่ำกว่า 45 แอมแปร์ ใช้เวลา 3 วินาที แต่ถ้ากระแสสูงกว่า 45 แอมแปร์จะใช้เวลาในการอาร์ค 1 วินาที เมื่อป้อนแรงดันให้กับวงจรทำงานจ่ายกระแส จากนั้นเริ่มทำการจัดกระแสไฟฟ้าเพื่อที่จะให้เกิดการอาร์คในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ เมื่อการอาร์คเริ่มขึ้นผู้วิจัยได้ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันและกระแสที่เกิดขึ้นในการอาร์ค จากนั้นผู้วิจัยก็ทำการอ่านค่าของอนุกรมที่มีค่าสูงที่สุดที่ปรากฏอยู่ในรูปแบบของ



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงคุณลักษณะของเทอร์โมคัปเปิล

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยพิจารณาอนุกรมในระหว่าง 0-250 องศาเซลเซียสและพบว่าจะเป็นไปตามสมการดังนี้  $Y=mx+b$

$$m = \frac{10.151 - 0}{250 - 0} = 0.040604; b = 0$$

และกำหนดค่าให้  $Y=T$ =อุณหภูมิ และ  $x=V$ =แรงดัน ดังนั้นสามารถเขียนสมการใหม่ได้คือ

$$T = \frac{V}{0.04064} \text{ } ^\circ\text{C}$$

เขียนสมการอุณหภูมิของแคโทดได้เป็นสมการที่ 3.1 คือ

$$T_c = \frac{V_1}{0.04064}$$

และเขียนสมการอุณหภูมิของแอโนดได้เป็นสมการที่ 3.2 คือ

$$T_a = \frac{V_2}{0.04064}$$

จากสมการที่ 3.1 และ 3.2 ผู้วิจัยแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนแรกวัดในสภาวะขณะที่ยังไม่มีการอาร์คและขั้นตอนที่ 2 วัดขณะอยู่ในสภาวะช่วงขณะอาร์คโดยสมการทั้ง 2 ส่วนเป็นดังนี้ขั้นตอนที่ 1 ในขณะที่ยังไม่มีการอาร์คที่แคโทด

สมการที่ 3.3 
$$T_{c1} = \frac{V_{11}}{0.04064}$$

ขั้นตอนที่ 2 ในขณะที่เกิดการอาร์คที่แคโทด

สมการที่ 3.4 
$$T_{c2} = \frac{V_{12}}{0.04064}$$

ในทำนองเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 1 ในขณะที่ยังไม่มีการอาร์คที่แอโนด

สมการที่ 3.5 
$$T_{a1} = \frac{V_{21}}{0.04064}$$

ขั้นตอนที่ 2 ในขณะที่เกิดการอาร์คที่แอโนด

$$\text{สมการที่ 3.6} \quad T_{a2} = \frac{V_{21}}{0.04064}$$

ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างที่แคโทดผู้วิจัยกำหนดให้เป็น  $\Delta T_c$  โดยใช้การลบค่ากันของสมการที่ 3.4 กับสมการที่ 3.3 ดังนี้

$$\text{สมการที่ 3.7} \quad \Delta T_c = \frac{V_{12} - V_{11}}{0.04046} \text{ } ^\circ\text{C}$$

และในทำนองเดียวกันค่าอุณหภูมิที่แอโนดกำหนดให้เป็น  $\Delta T_a$  โดยใช้การลบค่ากันของสมการที่ 3.6 กับสมการที่ 3.5 ดังนี้

$$\text{สมการที่ 3.8} \quad \Delta T_a = \frac{V_{22} - V_{21}}{0.04046} \text{ } ^\circ\text{C}$$

ผลลัพธ์จากสมการที่ 3.7 และ 3.8 จะได้เป็นค่าการคำนวณอุณหภูมิที่แคโทดและแอโนด

### 3.4 แรงดันที่ตกคร่อม

แรงดันที่ป้อนให้กับแคโทด  $V_c$  และแอโนด  $V_a$  นั้นคำนวณได้จากข้อมูลการทดลองของกระแสอาร์ค, เวลาในการอาร์ค และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น  $\Delta T$  ในขั้วอิเล็กโทรดทั้ง 2 ซึ่งผู้วิจัยใช้สมการในหัวข้อที่ 3.3 และการคำนวณแรงดันที่ป้อนให้ นั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่เกิดจากความร้อนกับพลังงานที่เกิดจากไฟฟ้า เมื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ขั้วอิเล็กโทรดนั้นกระแสอาร์คจะสร้างพลังงานจากความร้อนที่สมดุลขึ้นและผู้วิจัยสามารถเขียนความสัมพันธ์ของสมการได้ดังนี้

$$\text{สมการที่ 3.9} \quad CM\Delta T = VI\Delta t$$

เมื่อ	C	=	ความร้อนเกิดขึ้นที่ขั้วแคโทด
	M	=	มวลของอิเล็กโทรด
	V	=	แรงดันที่ป้อนให้
	I	=	กระแสอาร์ค
	$\Delta T$	=	อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น
	$\Delta t$	=	เวลาในการอาร์ค

จากสมการที่ 3.9 ผู้วิจัยสามารถเขียนสมการในรูปแบบของแต่ละข้างของอิเล็กโทรดได้เป็นดังนี้  
สมการของขั้วแคโทด

$$\text{สมการที่ 3.10} \quad CM\Delta T_c = v_c I \Delta t$$

$$\text{สมการที่ 3.11} \quad v_c = \frac{CM\Delta T_c}{I\Delta t}$$

สมการของขั้วแอโนด

$$\text{สมการที่ 3.12} \quad CM\Delta T_a = v_a I \Delta t$$

$$\text{สมการที่ 3.13} \quad v_a = \frac{CM\Delta T_a}{I\Delta t}$$

ในการที่เพิ่มสมการที่ 3.11 และสมการที่ 3.13 นั้นจะทำให้ผู้วิจัยสามารถเขียนสมการที่ 3.14 และ 3.15 สำหรับคำนวณแรงดันที่ป้อนให้กับขั้วอิเล็กโทรดแต่ละข้างได้ดังนี้

$$\text{สมการที่ 3.14} \quad v_c = \frac{\Delta T_c}{\Delta T_c + \Delta T_a} v_{\text{arc}}$$

$$\text{สมการที่ 3.15} \quad v_a = \frac{\Delta T_a}{\Delta T_c + \Delta T_a} v_{\text{arc}}$$

### 3.5 เวลาในการอ่านค่าของอุณหภูมิ

สำหรับการอ่านค่าข้อมูลจากมิลลิโวลต์มิเตอร์หลังจากการอาร์คผู้วิจัยใช้พื้นฐานจากสมการที่ 3.16 และ 3.17 ดังนี้

$$\text{สมการที่ 3.16} \quad l = \sqrt{\left(\frac{K}{c\rho}\right)} \Delta t$$

และ

$$\text{สมการที่ 3.17} \quad \Delta t = \frac{c\rho}{K} l^2$$

เมื่อผู้วิจัยแทนค่าของ  $C$ ,  $\rho$ ,  $K$  และ  $l$  จะทำให้ได้ค่าของ  $\Delta t$  มีค่าประมาณ 4 วินาที ซึ่งหมายความว่า หลังจากการอาร์คค่าของมิลลิโวลท์มิเตอร์จะมีค่าเวลาในการอ่านค่าสูงสุดไม่เกิน 4 วินาที และผู้วิจัยต้องอ่านค่าให้อยู่ในช่วงเวลานี้เท่านั้น

### 3.6 ขั้นตอนของโปรแกรม [15]

กระบวนการของโปรแกรมที่จะวิเคราะห์ห้จุดของขั้วอิเล็กโทโรดที่เกิดความไม่เสถียรภาพในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะเริ่มจากใช้สมการที่ 2.45 และสมการที่ 2.47

$$\text{สมการที่ 2.45} \quad J_{V_{\text{eff}}} = (1 - S)J \{V_p + V_i - \Phi_o + H_o(T)\} - SJ\Phi(F_o, T) - P_{ev}(T)$$

$$\text{สมการที่ 2.47} \quad \frac{3\pi K_0}{8a} U = (1 - S)J \{V_p + V_i - \Phi_o + H_o(T)\} - SJ\Phi(F_o, T) - P_{ev}(T)$$

ซึ่งผู้วิจัยจะพบว่า

สมการที่ 3.18

$$J_{V_{\text{eff}}} = \frac{3\pi K_0}{8a} (0.4793 * T + 163.14)$$

$$\text{จากสมการที่ 2.1} \quad I = \pi a^2 J$$

จะพบว่าสมการที่ 2.1 และสมการที่ 3.18 มีความสัมพันธ์กันดังนั้นผู้วิจัยสามารถเขียนสมการใหม่ 3.1

สมการที่ 3.19

$$a = \frac{3\pi K_0 (0.4793 * T + 163.14)}{8J_{V_{\text{eff}}}}$$

จากนั้นแทนค่าสมการที่ 3.19 ในสมการที่ 2.1 ดังนั้นจะได้

$$I = \pi \left\{ \frac{3\pi K_0 (0.4793 * T + 163.14)}{8J_{V_{\text{eff}}}} \right\}^2 J$$

สมการที่ 3.20

$$I = \left\{ \frac{9 \cdot \pi^3 \cdot K_0^2 (0.4793 * T + 163.14)}{64 J_{V_{\text{eff}}}^2} \right\}^2$$

ผู้วิจัยสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปของ  $J$  ได้ใหม่คือ

สมการที่ 3.21

$$J = \left\{ \frac{9 \cdot \pi^3 \cdot K_0^2 (0.4793 \cdot T + 163.14)}{64 J V_{\text{eff}}^2} \right\}^2$$

ซึ่งเป็นสมการของ  $J$  ที่มีความสัมพันธ์กับ  $T$  และ  $I$  อีกวิธีหนึ่งผู้วิจัยสามารถหาค่าของ  $\Gamma_{\text{ev}}(T)$  ในสมการที่ 2.7 ให้มีค่าเท่ากับกับค่าของ  $\Gamma_{\text{ev}}(T)$  ในสมการที่ 2.10 ซึ่งจะทำให้ผู้วิจัยสามารถใช้สมการของ  $J$  ได้ในขั้นต่อไป

สมการที่ 2.7

$$\Gamma_{\text{ev}} = (1 - S + \delta) J * 1.11795389 * 10^{-6}$$

สมการที่ 3.21

$$\Gamma_{\text{ev}}(T) = \sqrt{\frac{M}{2\pi k}} T^{-\frac{1}{2}} \cdot P = 1.145512941 * 10^{17} * T^{-1.749} * e^{(-34406.4453/T)}$$

$$(1 - S + \delta) J * 1.11795389 * 10^{-6} = 5.2052111992 * 10^{15} * T^{-2.249} * e^{(-34406.4453/T)}$$

ดังนั้นเราจะได้ค่า  $J$  คือ

$$\text{สมการที่ 3.22} \quad J = \frac{5.2052111992 * 10^{15} * T^{-2.249} * e^{(-34406.4453/T)}}{(1 - S + \delta) * 1.11795389 * 10^{-6}}$$

สมการนี้เป็นสมการที่ 2 ของค่า  $J$  ซึ่งแสดงอยู่ในรูปความสัมพันธ์ของ  $T$  และ  $S$  เมื่อค่ากระแส  $I$  ในสมการที่ 1 ของ  $J$  (สมการที่ 3.21) ถูกป้อนให้เป็นค่าเริ่มต้นของการทดลอง จากนั้นสมการที่ 3.2 จะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของ  $T$  ในทางกลับกันสมการที่ 2 ของ  $J$  จะคำนวณโดยการป้อนค่าชั่วคราวของ  $S$  ทำให้สามารถทราบค่าของ  $T$  ทั้ง 2 สมการนี้จะการจำลองค่าของ  $J$  เพื่อหาค่า  $S$  ขั้นตอนนี้นำโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบค่าของสมการที่ 1 ของ  $J$  กับค่าสมการที่ 2 ถ้าค่าทั้ง 2 ค่าที่ค่าเท่ากัน โปรแกรมจะทำการคำนวณค่ารัศมีของจูดอาร์คที่แคโทด แต่ถ้าค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากัน โปรแกรมจะทำการกลับไปทำการตั้งค่าของ  $T$  อีกครั้งโดยใช้หลักการของ Bisection Method รายละเอียดของ Bisection Method นั้นได้แสดงในหัวข้อที่ 3.5 ของบทที่ 2 ในกรณีของค่า  $J$  ทั้ง 2 ค่านั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณโดยแทนค่าของอนุกรมในสมการที่ 2.10, 2.47 และ 2.48 ซึ่งจะทำการหาค่าของ  $P_{\text{ev}}(T)$ ,  $H_s(T)$ , และ  $\Gamma_{\text{ev}}(T)$

ต่อไป ผู้วิจัยทำการหาค่าของ  $F_0$  จากโปรแกรม โดยสมการของค่า  $F_0$  นั้นมี 2 สมการคือสมการที่ 2.11  
ค่า  $F_0$  หาค่าจากอิเล็กทรอนิกส์  
สมการที่ 2.11

$$SJ = AT^2 \exp \frac{-q \left[ \Phi_0 - \sqrt{\frac{qF_0}{4\pi\epsilon_0}} \right]}{kT}$$

ผู้วิจัยทำการใส่ลอการิทึมในสมการที่ 2.11 จะได้เป็น

$$\ln SJ = \ln \left[ AT^2 \times e^{-q \frac{\left[ \Phi_0 - \sqrt{\frac{qF_0}{4\pi\epsilon_0}} \right]}{kT}} \right]$$

$$\ln SJ = \ln AT^2 - q \frac{\left[ \Phi_0 - \sqrt{\frac{qF_0}{4\pi\epsilon_0}} \right]}{kT}$$

$$\ln AT^2 - \ln SJ = q \frac{\left[ \Phi_0 - \sqrt{\frac{qF_0}{4\pi\epsilon_0}} \right]}{kT}$$

$$\sqrt{\frac{qF_0}{4\pi\epsilon_0}} = \Phi_0 - \frac{kT}{q} (\ln AT^2 - \ln SJ)$$

สมการที่ 3.23

$$F_0 = \frac{qF_0}{4\pi\epsilon_0} = \left[ \Phi_0 - \frac{KT}{q} (\ln AT^2 - \ln SJ) \right]^2$$

ผู้วิจัยป้อนค่าของ  $F_0$  ที่คำนวณได้จากสมการ 3.23 สำหรับค่าของ  $F_0$  (1) และก็นำค่ากลับมาคำนวณอีกครั้งหนึ่งในสมการที่ 2.35 สำหรับค่าของ  $F_0$  (2) หลังจากโปรแกรมทำการคำนวณค่ารัศมีของจุดอาร์คที่แคโทด(a)จากสมการที่ 2.1 ในรูปของค่า  $J$  แล้วจะทำให้เราสามารถกำหนดขอบเขตรัศมีของจุดอาร์คที่แคโทดจุดแรก(a)ในโปรแกรมได้และเมื่อป้อนค่าของรัศมีของจุดอาร์คที่แคโทดจุดแรก (a) ลงในโปรแกรมทำให้สามารถเปรียบเทียบค่ารัศมีของจุดจุดอาร์คที่แคโทด (a)(2) ได้จากการคำนวณโดยใช้สมการที่ 2.71 โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าของ  $V_p$  จากสมการ 2.47 โดยผู้วิจัยใช้ค่าของ  $F_0$  (1) แทนลงไปนสมการที่ 2.46 ทำให้ทราบค่าของ  $\Phi_0(F_0, T)$  จากนั้นนำค่า  $\Phi_0(F_0, T)$  ไปแทนค่าในสมการที่ 2.47 โดยที่ตอนนี้ผู้วิจัยยังไม่ทราบค่าของ  $T_e$  ดังนั้นผู้วิจัยต้องทำการหาค่าของ  $T_e$  จาก 0.1 อิเล็กตรอน โวลต์ ถึง 3 อิเล็กตรอน โวลต์ในโปรแกรมนี้ค่าของ  $T_e$  จะถูกป้อนเข้าไปในสมการความหนาแน่นของพลาสมาซึ่งมีความสัมพันธ์กับสมการความหนาแน่นของกระแสที่ 2.3 โดยผู้วิจัยสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

สมการที่ 3.24

$$n_0 = \frac{(1-S)J}{q \cdot \sqrt{\frac{qT_e}{2\pi M}}}$$

จากค่าของ  $n_0$  โปรแกรมจึงทำการคำนวณค่าของความต้านทานพลาสมา  $\eta$  ในสมการที่ 2.72 และค่าของ  $\wedge$  ในสมการที่ 2.73 หลังจากโปรแกรมคำนวณค่าของ  $\eta$  เรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มคำนวณหาค่าของรัศมีจุดอาร์คที่แคโทด(a)(2) จากสมการ 2.71 แล้วก็ทำการเปรียบเทียบโดยถ้าค่าของจุดอาร์คที่แคโทด (a)(1) ไม่เท่ากับจุดอาร์คที่แคโทด (a)(2) โปรแกรมก็จะทำการย้อนกลับไปหาค่าของ  $T_e$  ใหม่อีกครั้งโดยใช้หลักการของ Bisection Method แต่ถ้าค่าของจุดอาร์คที่แคโทด(a)(1) เท่ากับจุดอาร์คที่แคโทด (a)(2) โปรแกรมก็จะทำการหาค่าของ  $F_0$  (1) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าของ  $F_0$  (2) ไว้ก่อนหน้านั้นแล้วเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าของ  $F_0$  ทั้ง 2 แล้วถ้าค่ายังไม่เท่ากัน โปรแกรมก็จะกลับไปทำการตั้งค่าของ  $S$  ใหม่แล้วก็เริ่มคำนวณตามขั้นตอนที่แสดงตามรูป 3.12 แต่ถ้าค่าที่ได้ทั้ง 2 ค่าเท่ากัน โปรแกรมก็จะจบการทำงาน

### 3.7 การคำนวณค่าอัตราการไหลของความร้อนที่มีคุณภาพ $JV_{\text{eff}}$

อัตราการไหลของความร้อนที่มีคุณภาพ  $JV_{\text{eff}}$  ในรัศมีของจุดอาร์คแคโทด  $a$  ของบริเวณผิวหน้าของแคโทดที่อุณหภูมิปกติ 300 K

$$\text{สมการที่ 2.15} \quad JV_{\text{eff}} = \frac{3\pi}{8a} K_o U$$

$$JV_{\text{eff}} = \frac{3\pi}{8a} K_o (0.45T + 3.48)$$

เมื่อ  $K_o$  คือ ค่าความนำความร้อนของโลหะผสมระหว่างทองแดงกับวัสดุ निकิลกับพลาสมาเดียวที่ได้จากการคำนวณและวิเคราะห์ใน 3.6