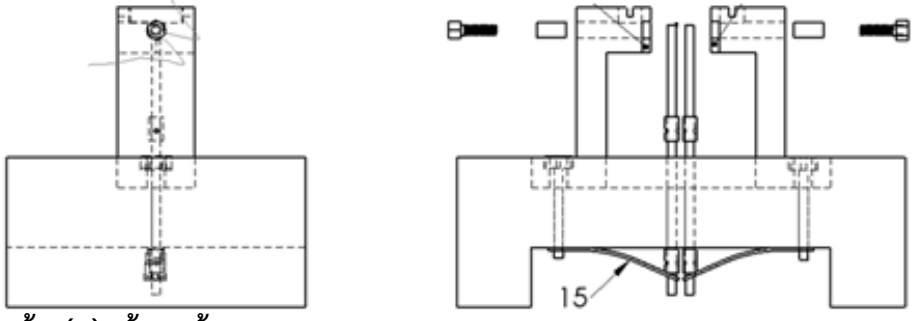
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

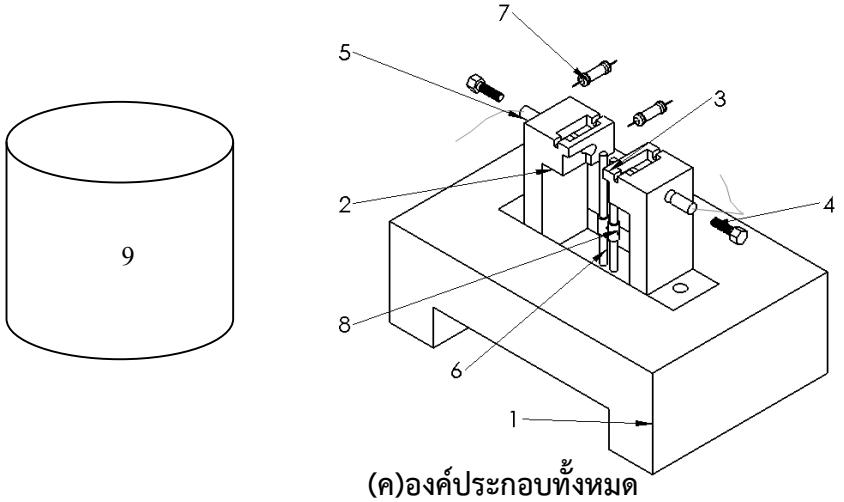
วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยการออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์ยึดตัวอย่างการเขียนแบบอุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวัดการสร้างอุปกรณ์ยึดตัวอย่างและตัวให้ความร้อน การเขียนผังงานของการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้า การสร้างโปรแกรมควบคุมการวัดและการทดสอบเครื่องวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและค่าสภาพนำไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การออกแบบและประดิษฐ์อุปกรณ์ยึดตัวอย่าง

3.1.1 เขียนแบบดังภาพที่3.1ซึ่งมีส่วนประกอบย่อยดังตารางที่3.1



(ก) ด้านข้าง(ข) ด้านหน้า



(ค)องค์ประกอบทั้งหมด

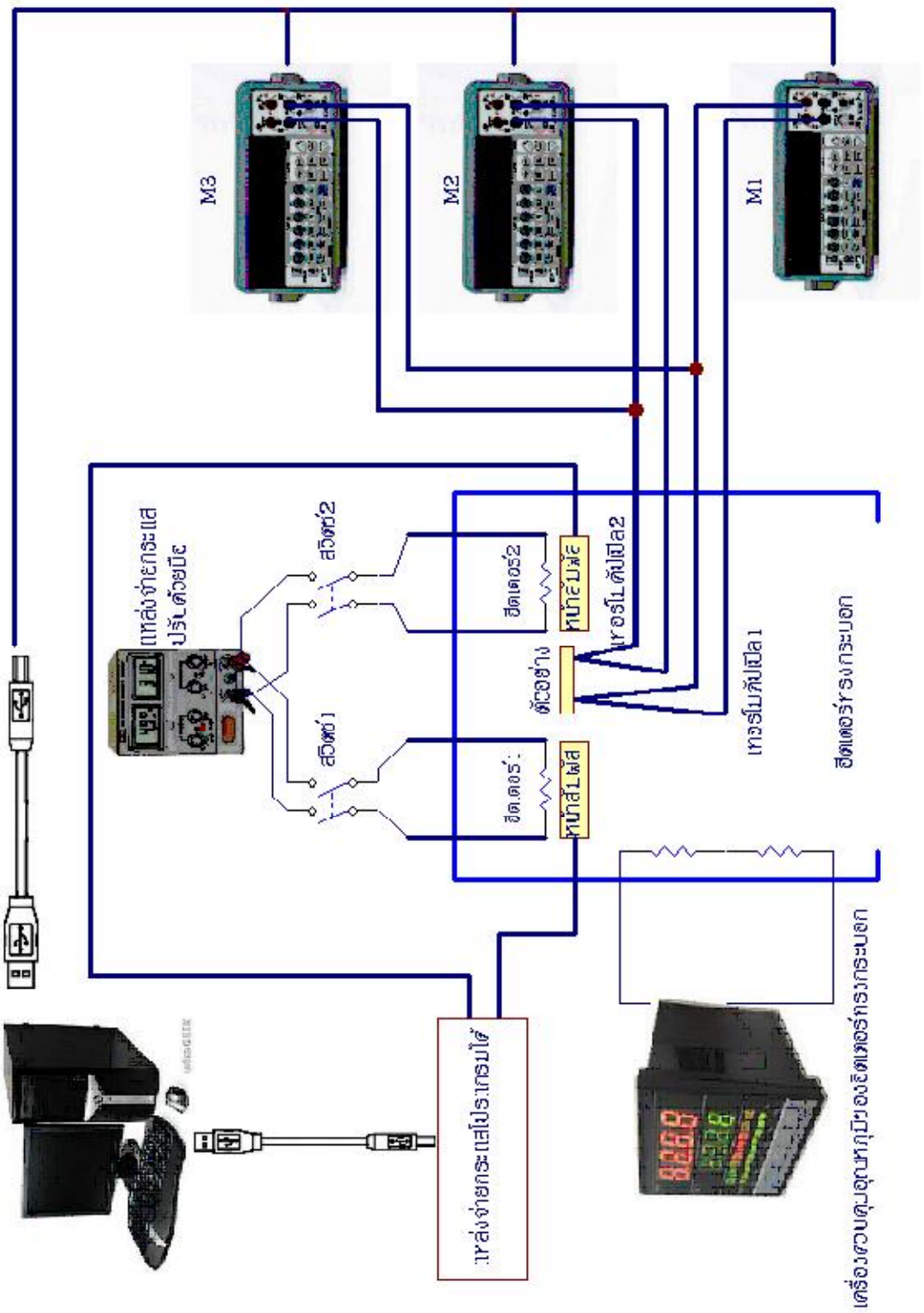
ภาพที่ 3.1 โครงสร้างของอุปกรณ์ยึดตัวอย่าง(ก) ด้านข้าง (ข) ด้านหน้า (ค) องค์ประกอบทั้งหมด

ตารางที่ 3.1ส่วนประกอบและหน้าที่ของอุปกรณ์ยึดตัวอย่าง

หมายเลข	ชื่อ(สัญลักษณ์)	คำอธิบาย
1	ฐาน	โครงสร้างขึ้นรูปจากวัสดุทนไฟไม่นำไฟฟ้าทำจากเซรามิก
2	ขายึด	สำหรับยึดสารทดสอบ
3	ร่อง	สำหรับใส่ตัวต้านทานเซรามิกให้ความร้อนกับตัวอย่าง
4	น็อตโลหะ	สำหรับกดหน้าสัมผัสให้แนบกับสาร
5	หน้าสัมผัส	โลหะทางไฟฟ้าและทางความร้อน
6	เทอร์มอคัปเปิล(T_1, T_2)	เทอร์มอคัปเปิลชนิด K จำนวน 2 ชุด
7	ตัวให้ความร้อนขนาดเล็ก	ขดลวดตัวให้ความร้อนขนาดเล็ก
9	ตัวให้ความร้อน ทรงกระบอก	ประกอบด้วยขดลวดความร้อนพันอยู่ภายในเซรามิก ทำหน้าที่สร้างอุณหภูมิแวดล้อมขณะทำการวัด โดยครอบลงบนฐาน
15	สปริงชนิดแผ่น	สร้างแรงกดระหว่างเทอร์มอคัปเปิลกับก้อนตัวอย่าง

3.2 การเขียนแบบเชื่อมต่ออุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์

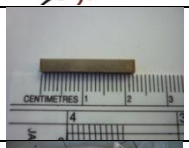
อุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์มีการเชื่อมต่อเพื่อให้เกิดเครื่องมือวัดสัมประสิทธิ์ซีเบคและสภาพนำไฟฟ้าตามแผนภาพ แสดงในภาพที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วยระบบการยึดตัวอย่าง ระบบการวัดสัญญาณ แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า แหล่งกำเนิดความร้อน การควบคุมอุณหภูมิ การบันทึกและการแสดงผลของข้อมูลการวัดแบบเวลาจริง



ภาพที่ 3.2แผนภาพการต่ออุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์ของระบบทั้งหมด

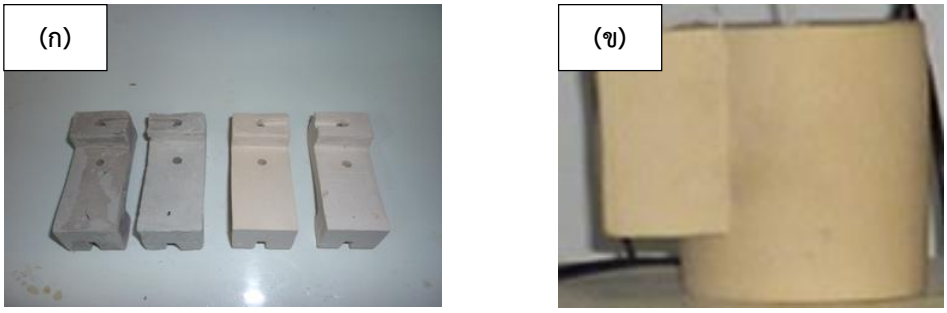
3.3 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ตารางที่ 3.2วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือวัด

ลำดับ	รายการ	ภาพ
1	มัลติมิเตอร์สำหรับวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้า	**MULTIMETER** PICOTEST M3500A 6 ½ DIGIT MULTIMETER
2	มัลติมิเตอร์สำหรับวัดอุณหภูมิจำนวน 2 ชุด	**MULTIMETER** PICOTEST M3500A 6 ½ DIGIT MULTIMETER
3	เครื่องควบคุมอุณหภูมิของตัวให้ความร้อนทรงกระบอก	
4	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้	
5	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับด้วยมือ	
6	วัสดุสอบเทียบ Copper constantan 1 ชิ้น	
7	ดินเซรามิก	
8	อิฐฉนวนทนไฟ ISOLITE C1	
9	เทอร์มอคัปเปิลชนิด K ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 mm	
10	คอมพิวเตอร์	
11	อื่นๆ เช่น น็อต ทองแดง สายไฟ	

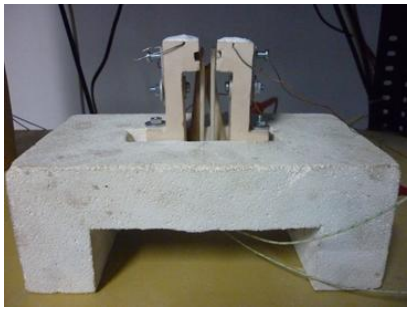
3.4 การสร้างอุปกรณ์ยึดตัวอย่างและตัวให้ความร้อน

อุปกรณ์ยึดตัวอย่างขึ้นรูปตามแบบด้วยดินเซรามิกเพื่อสร้างชิ้นส่วนขายึดและแหล่งความร้อน แสดงดังภาพที่ 3.3 และประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันดังภาพที่3.4-3.5



ภาพที่ 3.3(ก)ขายึดก่อนเผาและหลังเผาขนาด 2×3×10 cm^3และ(ข) ตัวให้ความร้อนทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm สูง 20 cm

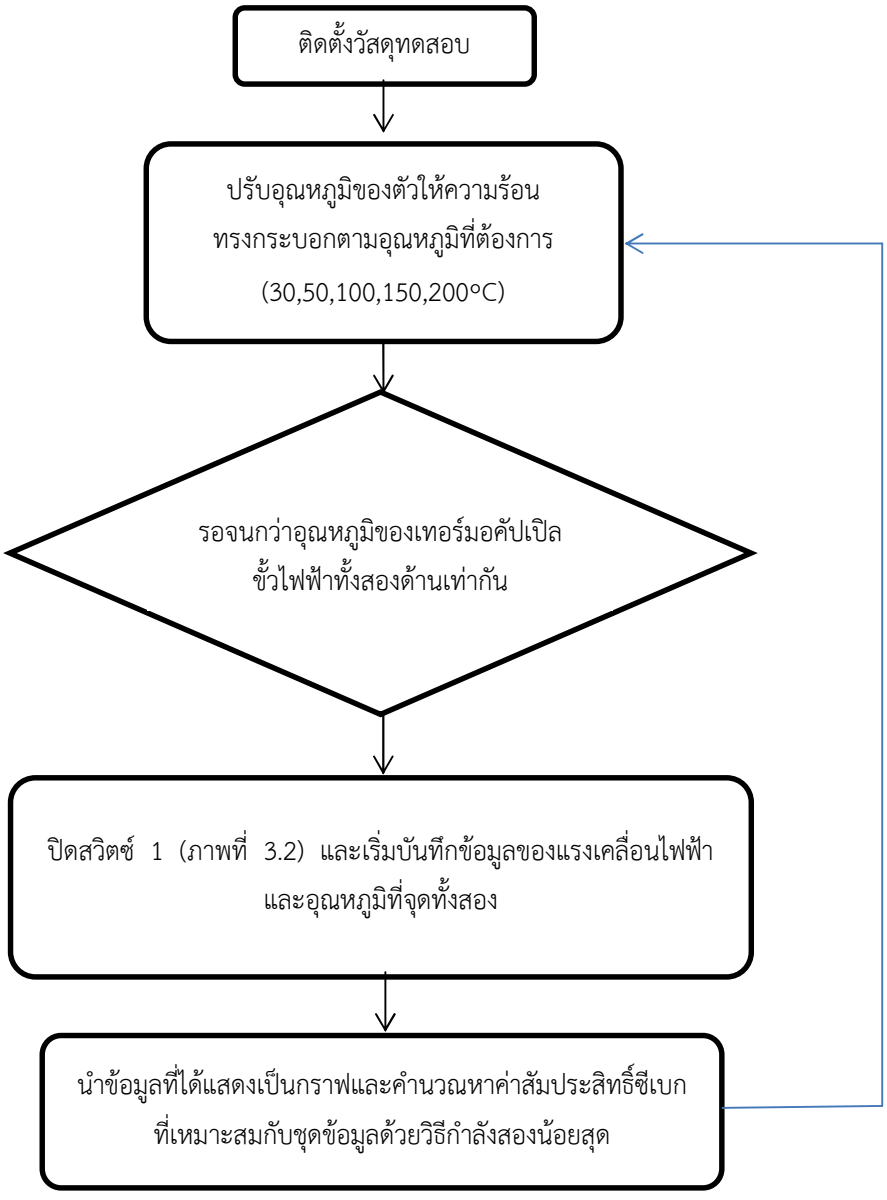
ภาพที่3.4ส่วนฐานของอุปกรณ์ยึดตัวอย่างขนาด 2×3×10 cm^3



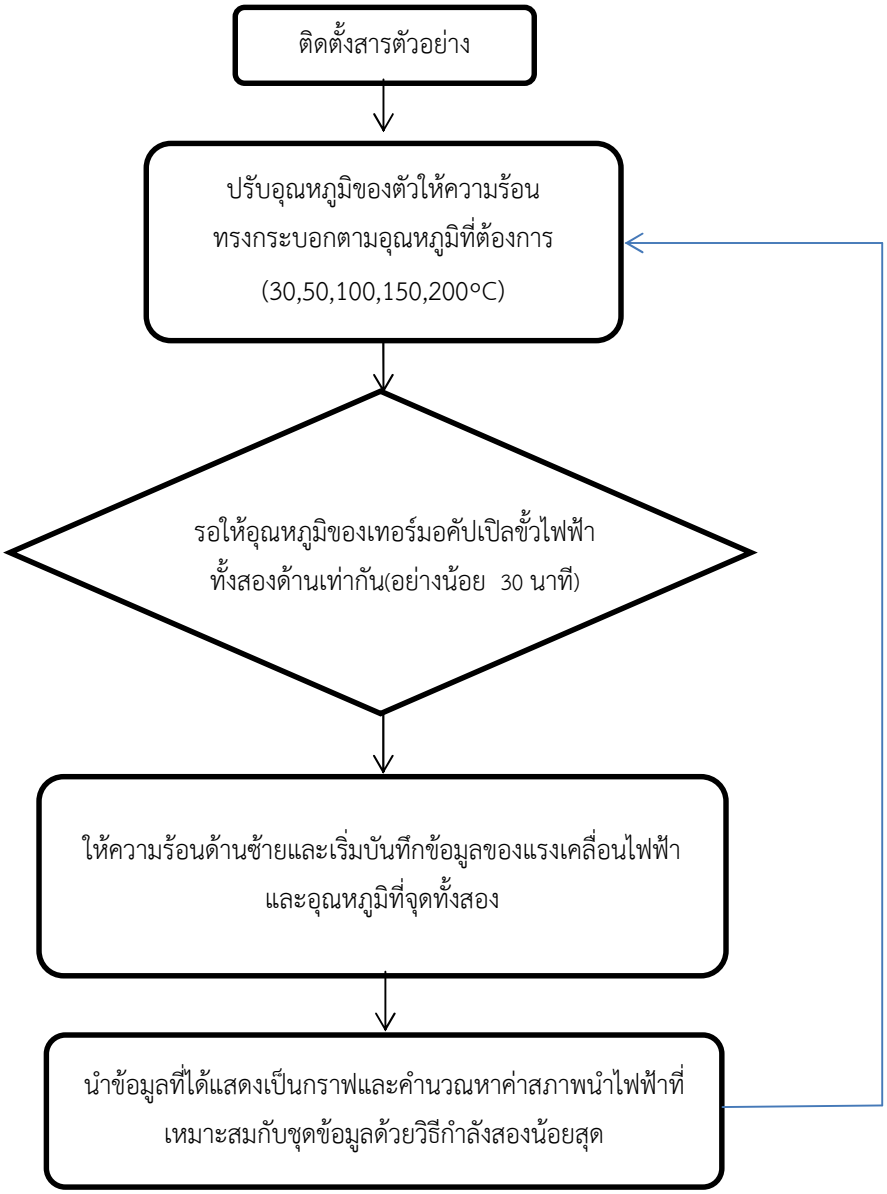
ภาพที่ 3.5อุปกรณ์ยึดตัวอย่างที่ประกอบเสร็จ

3.5 การเขียนแผนภาพของการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้า

ผังงานของการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกแสดงดังภาพที่ 3.6 และผังงานการวัดสภาพนำไฟฟ้าแสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6แผนภาพการวัดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบก



ภาพที่ 3.7แผนภาพการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า

3.6 การเขียนโปรแกรมควบคุมการวัด

การเขียนโปรแกรมควบคุมการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าให้สอดคล้องกับแผนภาพที่เขียนขึ้น โดยใช้โปรแกรม Visual Basic(VB) สามารถที่เขียนรหัสคำสั่งเพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้และมีตัวอย่างรหัสคำสั่งของผู้ผลิตมัลติมิเตอร์ได้ให้ไว้เป็นแนวทาง ส่วนติดต่อกับผู้ใช้จัดเป็นสามฟังก์ชันหลักได้แก่ฟังก์ชันการวัดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกฟังก์ชันการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า ฟังก์ชันการแสดงผลด้วยกราฟแต่ละฟังก์ชันแบ่งเป็นสามแท็บในแต่ละแท็บมีองค์ประกอบ Data gridviewเป็นบัฟเฟอร์เก็บข้อมูลชั่วคราวซึ่งผู้ใช้สามารถล้างข้อมูล บันทึกข้อมูลและแสดงผลข้อมูลเป็นกราฟได้

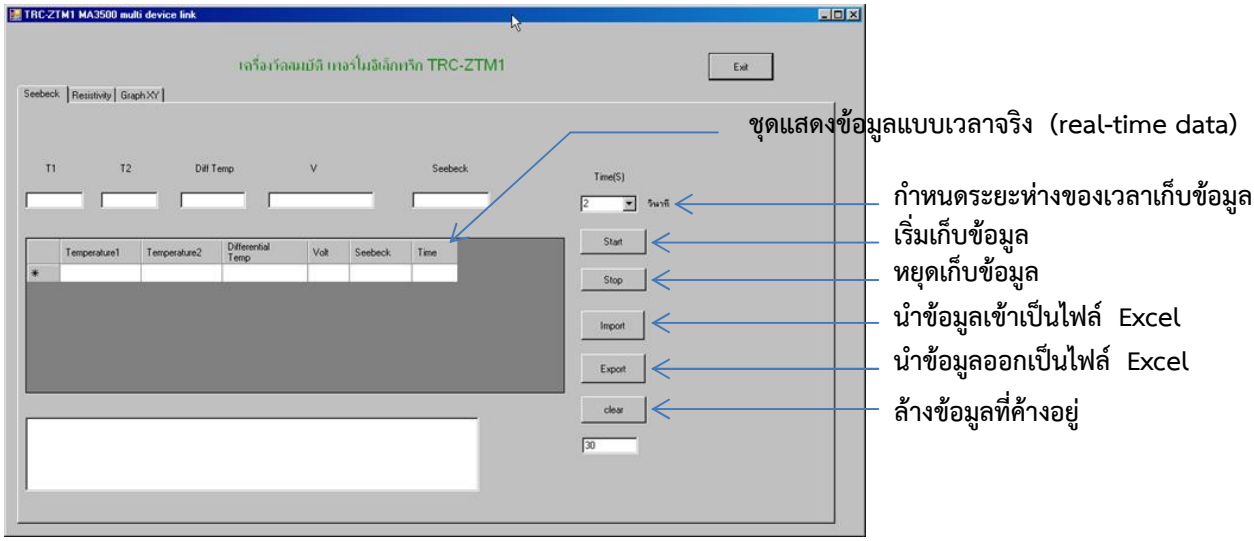
รายละเอียดของส่วนประกอบมีดังนี้

1) แท็บวัดสัมประสิทธิ์ซีเบก
   - 1.1ปุ่มเริ่มทำการวัด
   - 1.2ปุ่มหยุดการวัด
   - 1.3ปุ่มส่งข้อมูลออกไปยังโปรแกรมExcel
2) แท็บวัดสภาพนำไฟฟ้า
   - 2.1ช่องใส่ขนาดของวัสดุทดสอบ
   - 2.2ช่องจำกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด
   - 2.3 ปุ่มส่งข้อมูลออกไปยังโปรแกรมExcel
3) แท็บพล็อตกราฟ
   - 3.1 ภาพของกราฟที่ได้
   - 3.2 ค่าความชันของกราฟ

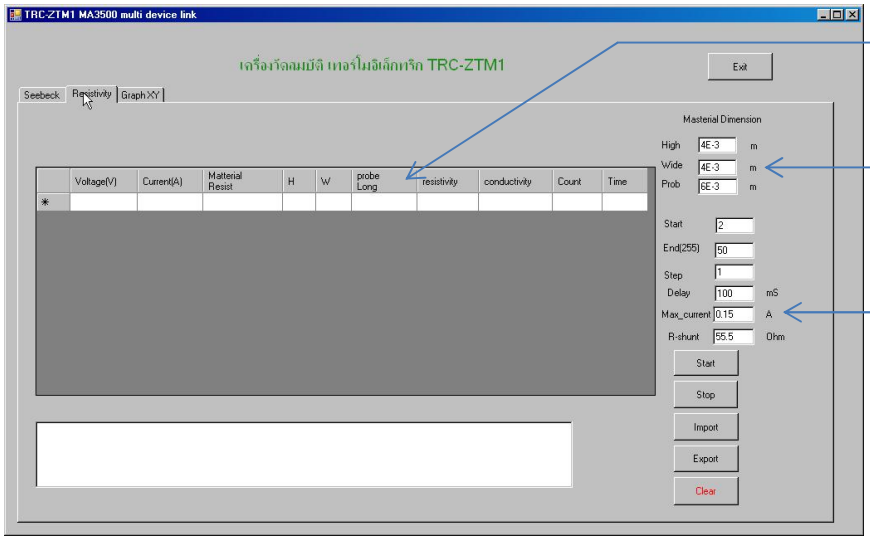
การใช้องค์ประกอบในในโปรแกรมVBมีสองชนิดคือองค์ประกอบมาตรฐานของVB และองค์ประกอบที่ต้องทำการติดตั้งเพิ่มในงานวิจัยนี้ทำการติดตั้งองค์ประกอบNTplotเพิ่มเติม สรุปหน้าที่และชนิดขององค์ประกอบที่เลือกใช้แสดงดังตารางที่ 3.3รายละเอียดส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานแสดงดังภาพที่ 3.8-3.10

ตารางที่3.3การกำหนดหน้าที่และการเลือกใช้องค์ประกอบในโปรแกรมVisual Basicในแท็บการวัดสัมประสิทธิ์ซีเบก

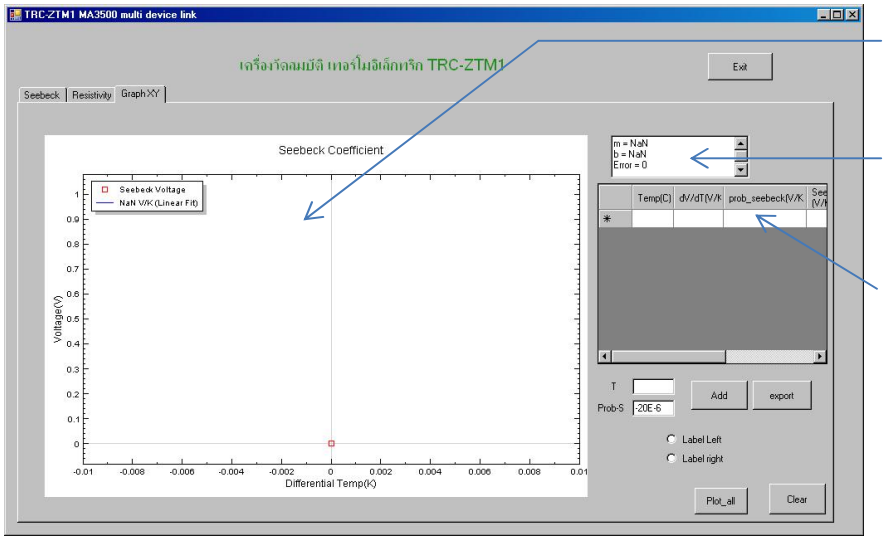
ฟังก์ชัน	องค์ประกอบ Visual Basic
ปุ่มต่างๆ	Button
องค์ประกอบสำหรับเก็บข้อมูล	DataGridView
กำหนดเวลาเก็บข้อมูลซ้ำ	Timer
การพล็อตกราฟ	NTplot



ภาพที่ 3.8รายละเอียดของโปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานของฟังก์ชันวัดค่าสัมประสิทธิ์ซีเบก



ภาพที่ 3.9 รายละเอียดของโปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานของฟังก์ชันวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า



ภาพที่ 3.10 รายละเอียดของโปรแกรมส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานของฟังก์ชันการแสดงผลด้วยกราฟ

3.7 การทดสอบวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้า

ทำการทดสอบวัดสัมประสิทธิ์ซีเบกและค่าสภาพนำไฟฟ้าของ Copper constantan ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกและสภาพนำไฟฟ้าตามใบรับรองของบริษัทULVACประเทศญี่ปุ่นแสดงดังตารางที่ 3.4และ 3.5

ตารางที่3.4ค่าสัมประสิทธิ์ซีเบกของCopper constantan จากบริษัท ULVAC

อุณหภูมิ (°C)	สัมประสิทธิ์ซีเบก(μV °C^{-1})	อุณหภูมิ (°C)	สัมประสิทธิ์ซีเบก(μV °C^{-1})
-100	45.5	240	76.0
-90	47.0	245	76.0
-80	48.5	250	76.5
-75	49.0	255	76.5
-70	49.5	260	76.5
-60	51.5	265	77.0
-50	52.5	270	77.0
-40	54.0	275	77.0
-30	55.0	280	77.0
-25	55.5	285	77.5
-20	56.5	290	77.5
-10	57.5	295	78.0
0	59.0	300	78.0
10	59.5	305	78.0
20	60.5	310	78.5
25	61.0	315	78.0
30	61.5	320	78.5
40	62.5	325	78.5
50	63.0	330	78.5
55	64.0	335	78.5
60	64.5	340	79.0

อุณหภูมิ (°C)	สัมประสิทธิ์ซีเบก($\mu V\ °C^{-1}$)	อุณหภูมิ (°C)	สัมประสิทธิ์ซีเบก($\mu V\ °C^{-1}$)
65	64.5	345	79.0
70	65.0	350	79.5
75	65.0	355	79.5
80	66.0	360	79.0
85	66.5	365	79.0
90	67.0	370	79.5
95	67.5	375	79.5
100	67.5	380	80.0
105	68.0	385	80.0
110	68.0	390	80.0
115	68.5	395	80.0
120	69.0	400	80.0
125	69.5	405	80.0
130	70.0	410	80.0
135	70.0	415	80.0
140	70.5	420	80.5
145	71.0	425	80.0
150	71.5	430	80.0
155	71.5	435	80.5
160	72.0	440	80.5
165	72.0	445	80.5
170	72.0	450	80.5
175	72.5	455	80.5
180	73.0	460	81.0
185	73.0	465	80.5
190	73.5	470	81.0
195	74.0	475	81.0
200	74.0	480	81.0
205	74.5	485	81.0

อุณหภูมิ (°C)	สัมประสิทธิ์ซีเบก($\mu V\ °C^{-1}$)	อุณหภูมิ (°C)	สัมประสิทธิ์ซีเบก($\mu V\ °C^{-1}$)
210	74.5	490	81.0
215	74.5	495	80.5
220	75.0	500	81.0
225	75.0	505	80.5
230	75.5	510	81.0
235	75.5	515	80.5

ตารางที่ 3.5แสดงค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้าของCopper constantan จากบริษัท ULVAC

Temp (°C)	Resistivity (Ω·m)	Conductivity ($S\ m^{-1}$)
-100	4.90×10^{-7}	2.04×10^{6}
0	4.89×10^{-7}	2.04×10^{6}
100	4.89×10^{-7}	2.04×10^{6}
200	4.87×10^{-7}	2.05×10^{6}
300	4.86×10^{-7}	2.06×10^{6}
400	4.86×10^{-7}	2.06×10^{6}
500	4.92×10^{-7}	2.03×10^{6}
600	5.01×10^{-7}	2.00×10^{6}
700	5.09×10^{-7}	1.96×10^{6}
800	5.16×10^{-7}	1.94×10^{6}
900	5.22×10^{-7}	1.92×10^{6}
1000	5.34×10^{-7}	1.87×10^{6}
1100	5.43×10^{-7}	1.84×10^{6}