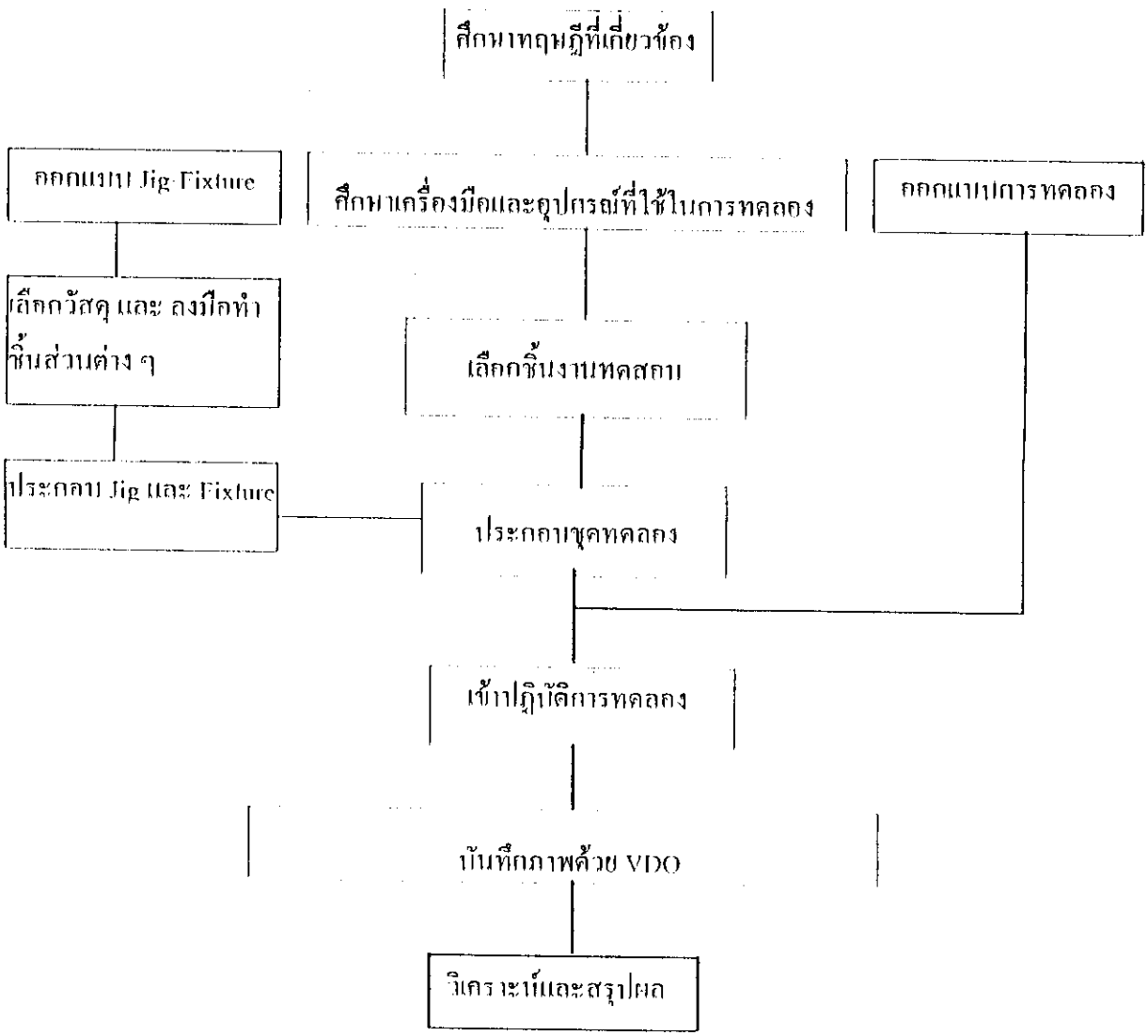
บทที่ 3
วิธีการทำการทดลอง

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองในโครงการนี้ขั้นแรกจะต้องศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์จำกัดขอบเขตการศึกษาให้ถูกต้อง จากนั้นต้องศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเพื่อจะทำการทดลองได้อย่างถูกต้องรวมทั้งปรับปรุงเครื่องมือให้ใช้งานได้ เลือกชิ้นงานทดสอบให้พร้อม ประกอบชุดเครื่องมือทดลอง วางแผนการทดลองว่าจะทำงานใดก่อน งานใดต้องทำทีหลังเพื่อให้การทดลองไม่ผิดพลาด ดังแผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้



3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

จากแผนภาพการดำเนินการทดลองแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนถึงขั้นตอนการดำเนินงาน วิธีการปฏิบัติอย่างละเอียดจะแสดงในหัวข้อหลังๆต่อไป เพื่อความสะดวกต่อการอธิบายและง่ายต่อการทำความเข้าใจถึงวิธีการดำเนินการทดลอง

$$\alpha\text{+Fe3C} \underset{\text{Cooling}}{\overset{\text{Heating}}{\rightleftharpoons}} \gamma$$

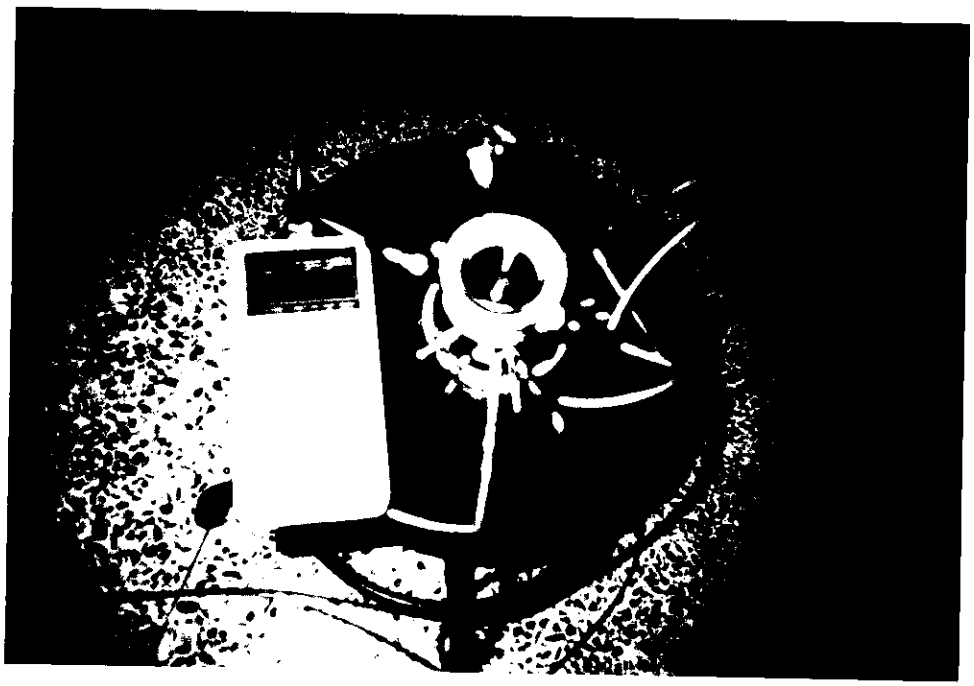
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้คือ Heating Stage , Thermomiter(Thermocouple), Pump , Microscope,ระบบแก๊ส,Video,Television

สำหรับวิธีการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามีดังนี้

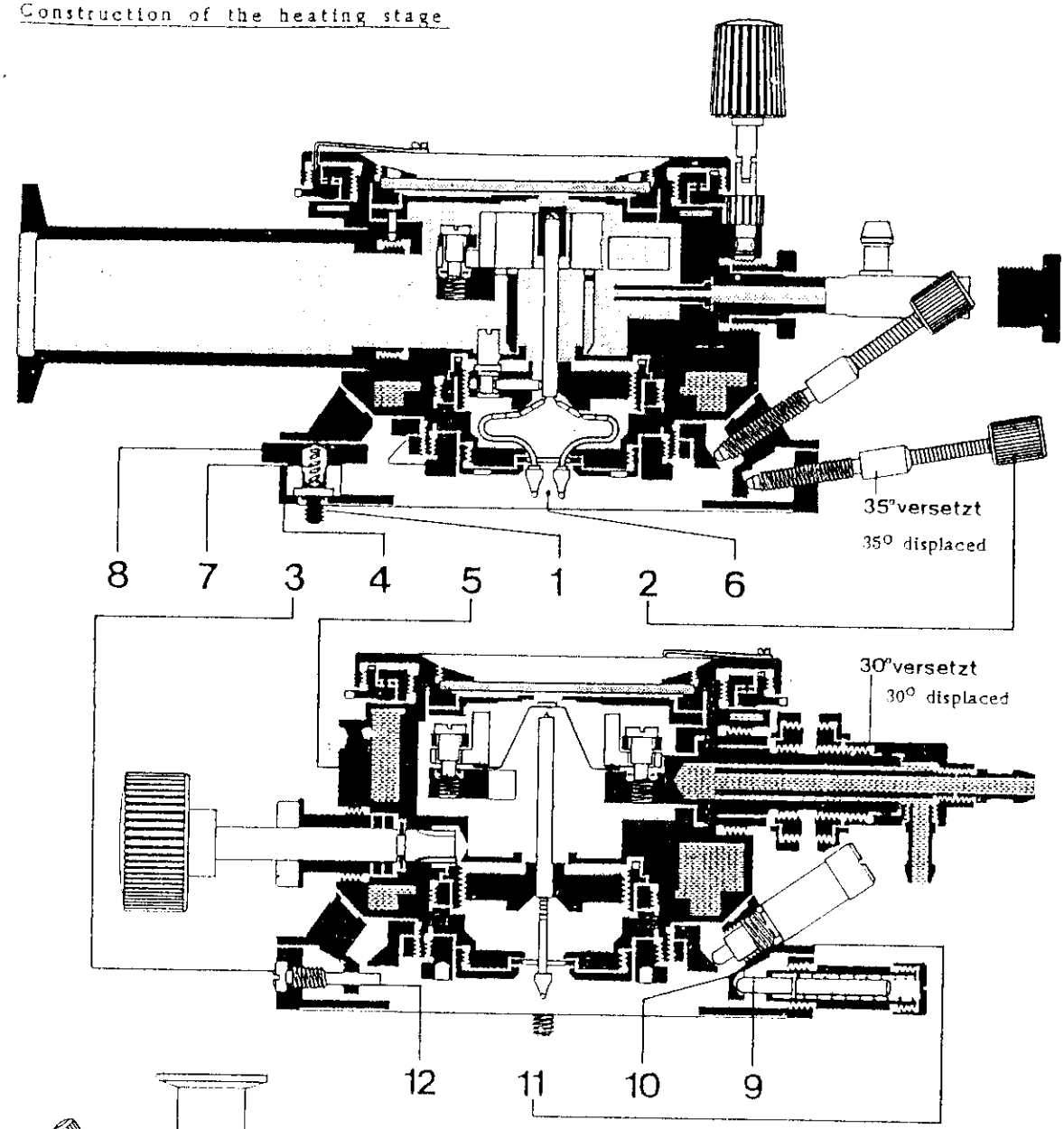
3.2.1วิธีการใช้เครื่อง heating stage

การศึกษา Heating Stage นั้นเริ่มจากแปลคู่มือการใช้เครื่อง Heating Stage ซึ่งเป็นภาษาอังกฤษให้เป็นภาษาไทยก่อน จากนั้นจึงเริ่มศึกษาชิ้นส่วนต่าง ๆ และวิธีการใช้โดยดูจากเครื่องจริงเทียบกับภาพประกอบและคำอธิบายที่ได้แปลมาแล้ว สำหรับรูปเครื่อง Heating Stage แสดงดังนี้



รูป3.2 แสดงเครื่อง Heating Stage

Construction of the heating stage



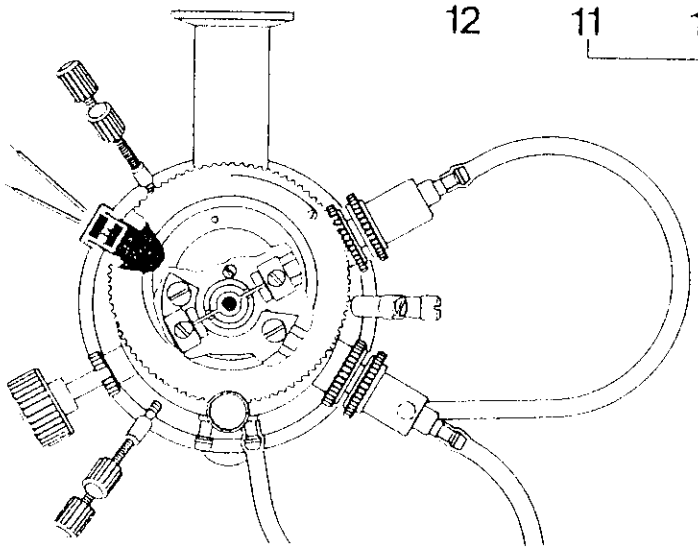


Fig. 1 Heating stage 1750°, general aspect and base complete

1 Threaded bolt
2 Knurled screws
3 Spindle screw
4 Baseplate
5 Housing
6 Thermocouple
7 Pressure springs
8 Knurled screws for attaching the heating stage to the object stage
9 Bolt
10 Bore
11 Top
12 Slot

ภาพ3.3 แสดงโครงสร้างของ heating stage

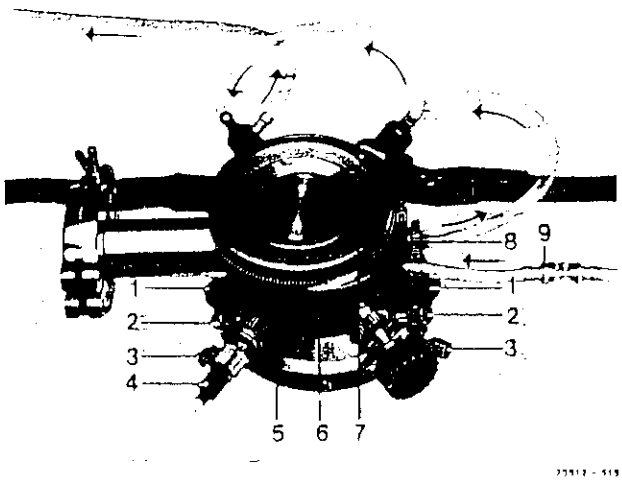


Fig. 2 Heating Stage 1750

1 Knurled screw for attaching the heating stage
2 Adjustment screws
3 Adjustment screws
4 Connecting cable for the thermocouple
5 Base of the chamber
6 Heating stage chamber
7 Cover
8 Dummy flange (gas inlet)
9 Wheel for controlling the water flow

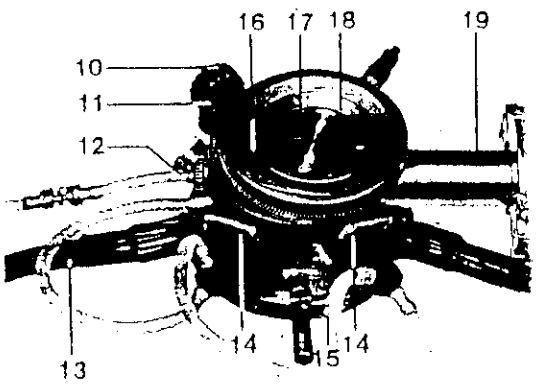


Fig. 3 Heating Stage 1750

10 Knurled knob for the vertical adjustment thermocouple
11 Knurled knob for the rotating cover 7
12 Water inlet nozzle
13 Heating current connecting cable
14 Connecting terminal for the heating curre
15 Spring bolt
16 Spring bracket
17 Quartz glass disc
18 Threaded ring
19 Suction nozzle for vacuum
The arrows indicate the direction of flow cooling from inlet to outlet.

Electrical data :

Mains : 110 ..... 127v
220 ..... 240v
600vA 50/60 Hz
Max. 3,5v/150 amp.

Fuses : D fuse insert
E 16 t/4/500
DIN 49 360

ภาพ3.4 แสดงชื่อชิ้นส่วนของ Heating Stage ประกอบการอธิบาย

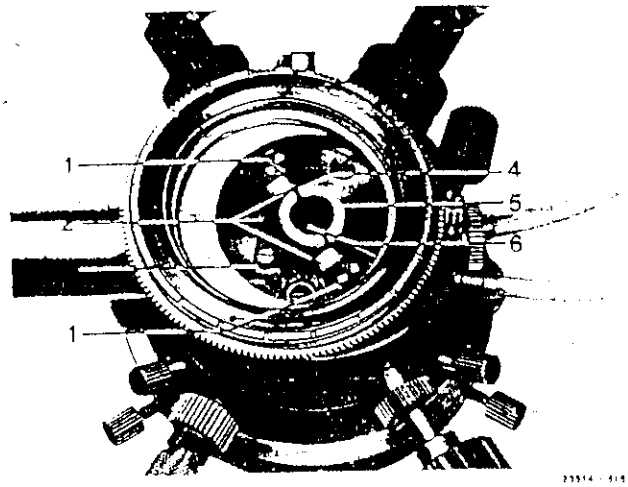


Fig. 4 Inserting a heater band

1 Screw for clamping jaws
2 Clamping jaws
3 Fixing screw for thermocouple
4 Heater band
5 Ceramic tube
6 Thermocouple

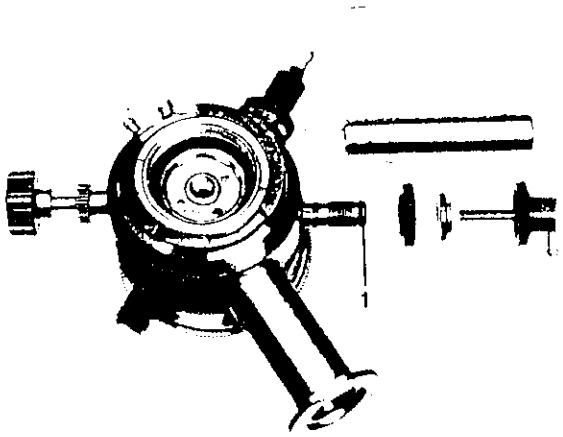


Fig. 5 Exchanging the sealing ring in the connect chamber

ภาพ3.5 แสดงชื่อชิ้นส่วนของ Heating Stage ประกอบการอธิบาย

1.การเตรียม Heating Stage สำหรับใช้งาน

1.1 การเปลี่ยนตัวทำความร้อน (Exchanging the heater bands)

ถ้าเครื่องถูกติดตั้งด้วยตัวทำความร้อนที่เป็นแทนทาลัม (4.4)* อยู่แล้วก็ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงอะไร ถ้าเป็นตัวทำความร้อนที่เป็นทังสเตน สามารถเปลี่ยนเป็นแทนทาลัมได้ โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. คลายนอต (4.1)
2. ยกตัวทำความร้อนออก (4.4)
3. ใส่ตัวทำความร้อนเข้าในสล๊อตของ Clamping Jaws (4.2) ยึด(tighten) clamping jaws(4.1) ตัวทำความร้อนต้องไม่ flush กับยอดของ Clamping jaws ถ้าตัวทำความร้อนเคยถูกใช้งานมาแล้วดังภาพ 24 และ 25 slotted ของ ceramic tube ต้องไม่เคลื่อน

ในขณะนี้ตัวทำความร้อนจะถูกกดให้อยู่ได้ Clamping jaws (4.2) และถูกยึดให้แน่นด้วย clamping screws (4.1)(ดูภาพ27)

4. ใส่แผ่นป้องกันรังสี(7.4)(radiation protection plate) และปิด Heating Stage clamber ด้วยฝา(7.5) อายุการใช้งานของตัวทำความร้อนจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ โดยประมาณแล้วประมาณ 2-4 ของการใช้งาน

1.2 น้ำหล่อเย็นสำหรับ Heating Stage Chamber (Water supply for cooling the heating stage chamber)

ต่อท่อน้ำสีแดง(ตรวจสอบด้วยวาล์วควบคุมการไหลของน้ำให้พร้อม) เข้ากับท่อน้ำหลัก ขั้นตอนการต่อท่อน้ำดูได้ในภาพที่ 2 (ตามทิศทางของลูกศร) น้ำเข้าสู่หัวฉีดใช้สัญลักษณ์เป็นจุดสีเขียว ท่อน้ำออกจะลงแทงน้ำใหญ่(into The silk)

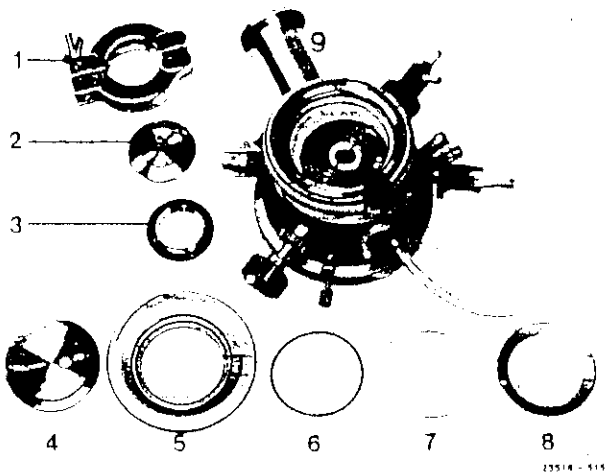


Fig. 7 Components of the Heating Stage 1750

1 Clamping ring
2 Flange with tube nozzle
3 Sealing ring
4 Radiation protection plate
5 Cover
6 Sealing ring
7 Quartz glass disc
8 Threaded ring
9 Suction nozzle

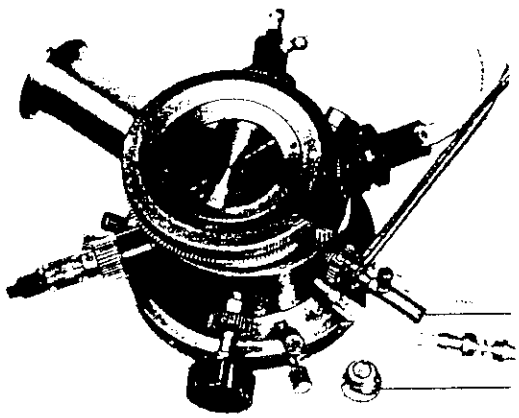


Fig. 8 Attaching the inlet nozzle

1 Inlet nozzle for inert gas
2 Dummy flange

ภาพ3.6 แสดงชื่อชิ้นส่วนของ Heating Stage ประกอบการอธิบาย

การใช้งานในระบบสูญญากาศ (For work in vacuum)

ต่อ Suction nozzle เข้ากับเครื่องทำสุญญากาศ

การใช้งานโดยใช้ก๊าซเฉื่อยในบรรยากาศ (For work in inert gas atmosphere)

- ถอด dummy flank(8.1) และใส่ inlet nozzle (8.2) สำหรับก๊าซเฉื่อยเข้าห้องเผาไหม้
- ปิด flank ด้วย tube nozzle (7.2) เพื่อเป็นทางให้ก๊าซเฉื่อยออก
- ต่อ Sealing ring (7.3) เข้ากับ suction nozzle (7.9) ด้วย clamping ring (7.1)

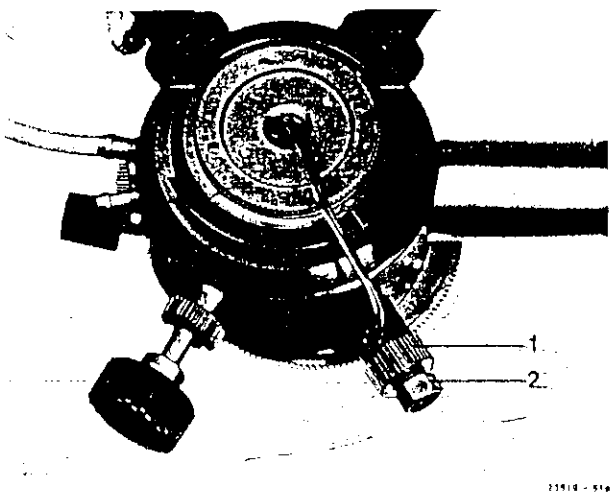


Fig. 9

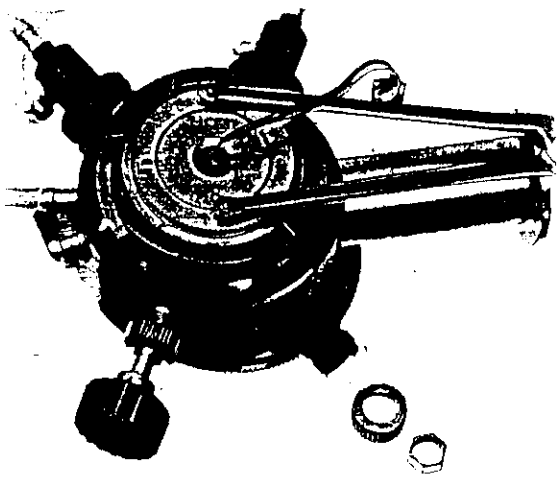


Fig. 10

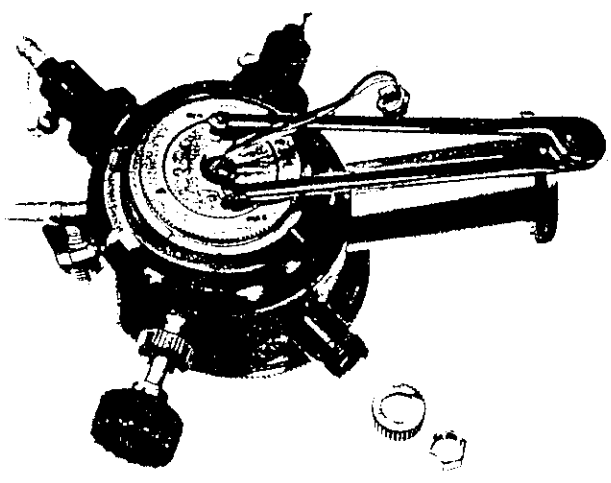


Fig. 11

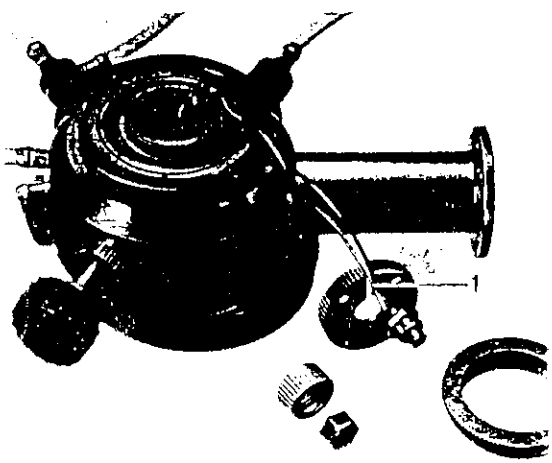


Fig. 12

ภาพ 3.7 แสดงส่วนประกอบด้านล่างของเครื่อง heating stage

การต่อระบบไฟฟ้า (Electrical connection)

กระแสไฟฟ้าจาก Supply Cable (3.14) ที่ทำให้เกิดความร้อนต้องต่อมาจากหม้อแปลงไฟฟ้า[Transformer(Fig 14)] และต่อเข้ากับ Terminal Clamps (3.4) ของ Heating Stage

คำเตือน : ปรับ Rotary Knob (14.4) ของหม้อแปลงไฟฟ้าให้เป็นศูนย์ก่อนเสมอ (Set zero First)

การเปลี่ยนเทอร์โมคอปปิล (Exchanging a thermocouple)

- ปลดสายนำความร้อน Heating Current Cable และสายน้ำออก
- ไขน็อตของ Connecting Cable (2.4) ของ Thermocouple ออก
- ไขน็อตของ Spring Bolt (3.15) ออกและหยิบ Heating Stage Chamber (2.6) ออกจากฐาน
- คลายน็อต Fixing Screw (4.3) ที่ Thermocouple และหมุน Chamber ไปเป็นมุม 180 องศา
- ไขน็อตของ Hexagon nut (9.2) และน็อตของ Knurled Screw (9.1) ออก
- คลายน็อต Cover ring (Fig. 10)
- ไขน็อตของ Knurled ring (Fig. 11) ออก หยิบ Thermocouple ออกด้วย cover ring และหยิบ Thermocouple ที่ใช้แล้วออก
- เปลี่ยน Thermocouple ใหม่เข้าแทนที่

ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานทดลองหรือที่จับยึดชิ้นงานแสดงในภาพ 19-21 [The inner bore must have sufficient play for Al_2O_3 tube] ตรวจสอบให้แน่ใจว่าหัวของเทอร์โมคอปปิล (Welding bend) สัมผัสกับชิ้นงานทดลองเพื่อให้เกิดการสัมผัสที่ดีและมั่นใจได้,ผิวของinner, Conical borex section ต้องเรียบ และ free from scale ระยะระหว่าง tip และ cone ของ inner bore และผิวหน้าของ polished หรือ ของ crucible ต้องมีขนาดไม่เกิน 0.8 mm.

2.การเตรียมแท่นความร้อนก่อนใช้งาน (Preparing the heating stage for operation)

วาง Heating stage บนแท่นกล้องจุลทัศน์ เพื่อความปลอดภัยของ heating stage ปิดด้วยไขควง (2.1) ทั้ง 2 ตัวไม่แน่น เปลี่ยนมาใช้น็อตขนาด M 3.5 thread bolt กับ แหวนร้อย M4 ถูกติดตั้งไว้ในเครื่อง น็อต M 3.5 ที่ใช้สำหรับแท่นจุลทัศน์เป็นอุปกรณ์สำรองเมื่อสิ้นสุดการเปลี่ยนข้อต่อ M 3.5 knurled screws (1.2) ที่อยู่ด้านล่างทั้ง 2 ชิ้น ต้องหมุนเข้าออกได้ในขั้นนี้ spindle serews (1.3) ออกจาก base plate (1.4) ด้วย serewdriver กดแผ่นที่อยู่ด้านล่างเบา ๆ และ หยิบมันออกมาจากปลอกหุ้ม (1.5)

คำเตือน อย่าวางปลอกหุ้ม ไว้บน Thermocouple (1.6)

New instruments are equipped with a digital thermometer (see separate instructions).

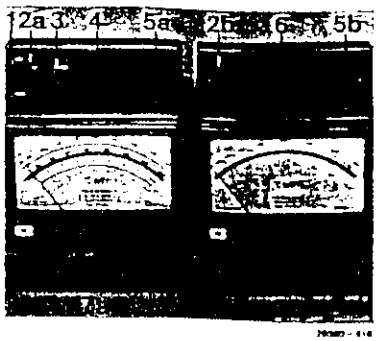


Fig. 13

1	Range 1600°
2a + b	- terminal
3	900° range
4	Temperature indicator 1600°
5a + b	Resistance setting (set at 1 Ω)
6	Temperature indicator 1750°
7a + b	Zeroing knob

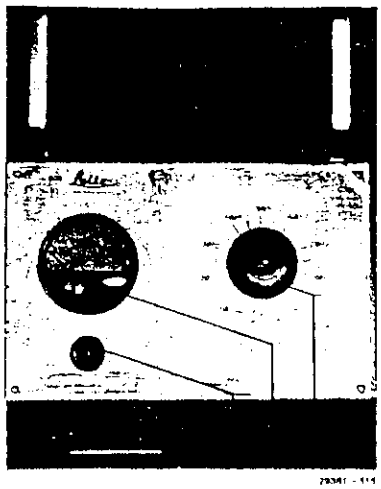


Fig. 14

1	Terminals for the heating current cable
2	Mains control lamp
3	Ammeter
4	Heating current setting knob

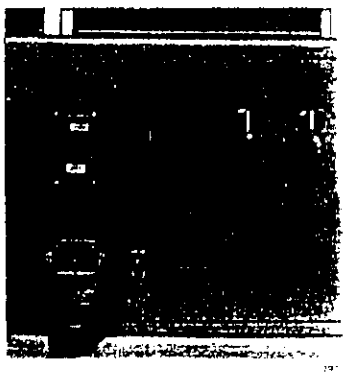


Fig. 15

1	Voltage selector
2	Fuses
3	Earth screw
4	Socket for the mains cabl
5	Mains cable

ภาพ 3.8 แสดงชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Transformer แต่ละชนิด

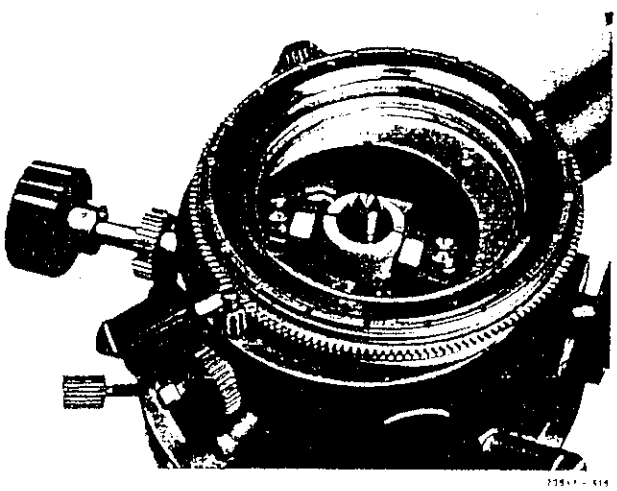


Fig. 16 Inserting a sample

1	Heating stage chamber
2	Base of chamber
50	Spring bolt

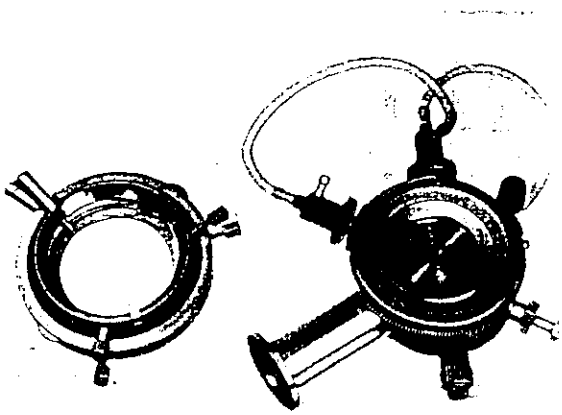


Fig. 17 Heating stage chamber removed from the base

ภาพ3.9 แสดงส่วนประกอบด้านในของ heating stage

ในขั้นนี้ยก Knurled knobs (1.8),กด springs (1.7) และ bolts (1.1) ออกจาก baseplate (1.4) และประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันโดยเปลี่ยน threaded bolts M3.5 ตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้ว

เมื่อทำให้ Housing และ base plate ติดกันดีแล้ว ตรวจสอบให้ชัดเจนว่า bolt (1.9) ของ spring casing อยู่ใน bore (1.10) ของ top part (1.11) แท่นความร้อน (heating stage) สามารถยึดให้อยู่ตรงกลางได้ด้วย knurled screwed (1.2) ทั้ง 2 ตัว spindle screw (1.3) ต้องวางไว้ใน slot (1.12) ของส่วนบนได้

ใส่ชิ้นงานตัวอย่าง ปล่อยหรือขัน Spring ที่แท่นรองรับออกและขันฝารองความร้อนออกด้วย quartz windows (3.17) เอาแผ่นป้องกันการแผ่นรังสีออก ผลักชิ้นงานที่เตรียมไว้ให้อยู่เหนือหลอดเก็บประจุของ thermocouple (4.6) ลักษณะคล้ายปลอกสวมนิ้ว ดังรูปที่ 16 ปรับชิ้นตัวอย่างให้อยู่ในแนวนอนด้วยแนวที่มองด้วยสายตาด้วยตัวหมุนปรับ กำหนดพื้นที่ที่ต้องการด้วย Screw

ต่อหม้อแปลงเข้ากับท่อหลัก ต้องแน่ใจว่าตั้งค่า Voltage ถูกต้อง (15.1)

เปิด Water supply

อัตราการไหลที่ต้องการสามารถปรับได้ด้วยตัวล้อหมุนน้ำ (Water wheel) ลงในท่อน้ำเข้า (รูป 6)

เมื่อใช้แก๊สเฉื่อย ปล่อยก๊าซ Argon เพื่อทำความสะอาดห้องเผาความร้อน ก่อนจะให้ความร้อนชิ้นงาน

แก๊สจำนวนเพียงเล็กน้อย ก็เพียงพอสำหรับกระบวนการความร้อนต่อไป วิธีที่ดีในการตรวจสอบอัตราการไหลของแก๊สที่ผ่านขวดบรรจุ 1:10 glycerin water (น้ำฟองอากาศ) แก๊สที่ไหล 3-6 ฟองต่อวินาที ก็เพียงพอ

ปริมาณการไหลของ Argon จะเพิ่มถ้าอัตราการเย็นตัวเร็วขึ้น

หลังจากห้องเผาได้ถูกทำความสะอาดโดยผ่านแก๊สเฉื่อย หรือ ทำให้เป็นสุญญากาศ $2.5x10^{-2}$ Pa ($2x10^{-4}$ tore) โดยให้ถึงกระแสความร้อนที่ตั้งไว้โดยปรับตัวหมุนบนหม้อแปลง ถ้าแท่ง Quartz ถูกเจือปนและไม่โปร่งใส (ทึบ) ระหว่างการตรวจสอบ, แผ่นฐานความร้อน (2.7) ต้องหมุนเปิดด้วย screw ทางด้านซ้ายจนกระทั่งวัตถุสามารถมองเห็นชัด

3 เบ้าหลอมพิเศษและ 1ปลอกตัวทำความร้อน แต่ละอันด้วย Tantalum หรือ Tungsten cup เหมาะสำหรับการทดลองหลอม

a.X15 CrNiSi 25 20 เบ้าหลอม (Fig 20) เหมาะกับอุณหภูมิ 20-1300 °C

คำเตือน ที่อุณหภูมิสูง เบ้าหลอมนี้อาจถูกหลอมได้

b.เบ้าหลอม Molybdenum (Fig 21) นิยมใช้กับร่องตัว V อุณหภูมิที่ใช้ 20-1500 °C

c.เบ้าหลอม Graphite นิยมใช้สำหรับอุณหภูมิ 1500-1700 °C

d.ปลอกทำความร้อน Trapezoidal (Fig 24) (Tantalum or Tungsten) ใช้สำหรับอุณหภูมิ 20-1750 °C

3.การวัดอุณหภูมิ (Temperator measurement)

ความแม่นยำของเครื่องวัดอุณหภูมิแบบ galvanonetric นั้นสูง โดยอาศัยอุณหภูมิระหว่างชิ้นงานกับ Pt-PtRH thermocouple (สายหุ้มฉนวนสีแดงและขาว) ต้องใช้เพื่อให้ระดับอุณหภูมิถึง 1550 °C และ Pt-RH 18 thermocouple (ลวดสีแดงและดำ) สำหรับอุณหภูมิสูงถึง 1750 °C

การปรับตัวอย่างสำหรับการวัดอุณหภูมิ

เบ้าตัวอย่างสำหรับการวัดอุณหภูมิ

เบ้าหลอม (Fig 20-21) และตัวอย่างที่เตรียมสอดคล้อง (Fig 15) จะถูกใช้

สสารที่ทดลองเช่น ทอง,เงิน,ทองแดง หรือ นิกเกิล, ที่มีจุดหลอมเหลวหรืออุณหภูมิ Sintering ใกล้กับอุณหภูมิทำงาน จะถูกคัดเลือก

สารทดสอบจำนวนเล็กน้อย จะถูกใส่ลงเบ้าหลอมและให้ความร้อนจนกระทั่งมันหลอม ถ้าอุณหภูมิที่แสดงต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมเหลวที่รู้จัก เบ้าหลอมต้องเลื่อนโดยหมุนตามเข็มนาฬิกาโดยใช้ Screw (3.10) เพื่อให้ตำแหน่งของแผ่น thermocouple ถูกต้อง ถ้าอุณหภูมิอยู่สูงกว่าจุดหลอมเหลวของสารทดสอบ หัว knurled จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา

ความแม่นยำสูงสุดที่สามารถทำได้ สำหรับค่าอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 และ 1300 °C ด้วยเบ้าหลอมเหล็ก

เบ้าหลอม Molybdenum จะถูกใช้สำหรับอุณหภูมิจาก 1300 °C ถึง 1500 °C

เบ้าหลอม Graphite จะถูกใช้สำหรับอุณหภูมิ 1500-1700 °C เพราะมันจะถูกจับระหว่างปลอกความร้อน (Fig 26) ตัวปรับยอธิบายได้ยาก

เมื่อปลอกทำความร้อน Trapezoidal ถูกใช้คล้ายตัวจับ (เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 1500 °C) การดูแลต้องทำที่รอยเชื่อมบนของแผ่น thermocouple ที่อยู่ในจุดยึดด้วยปลอกทำความร้อน อย่างไรก็ตามการเกิดอุณหภูมิสูงขึ้น สามารถปรากฏในสภาพนี้ (ถ้าอากาศเคลื่อนระหว่าง thermocouple กับปลอกทำความร้อน ,การเปลี่ยนรูปทางความร้อน

คำเตือน รอยบนของ Thermocouple อาจละลายโดยปลอกทำความร้อน เมื่ออุณหภูมิอยู่ที่ 1700°C

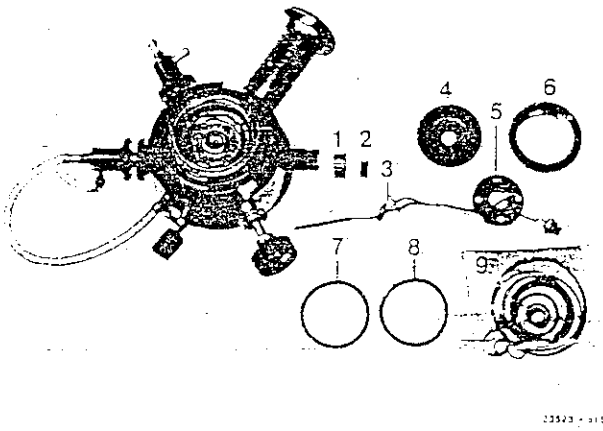


Fig. 18

1 Nut
2 Hexagon screw
3 Thermocouple
4 Guide flange
5 Cover ring
6 Knurled ring
7 Cover ring
8 Sealing ring
9 Replacement sealing rings

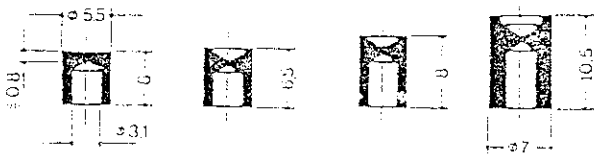


Abb. 19 Abb. 20 Abb. 21 Abb. 22

Fig. 19 Prepared sample
Fig. 20 X 15 CrNiSi 25 20 crucible
Fig. 21 Molybdenum crucible
Fig. 22 Graphite crucible
Fig. 23 Ring-shaped heater band
Fig. 24 Trapezoidal heater band
Fig. 25 Trapezoidal heater band

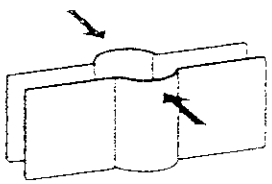


Abb. 23

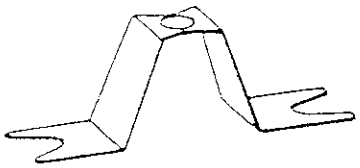


Abb. 24

Abb. 25

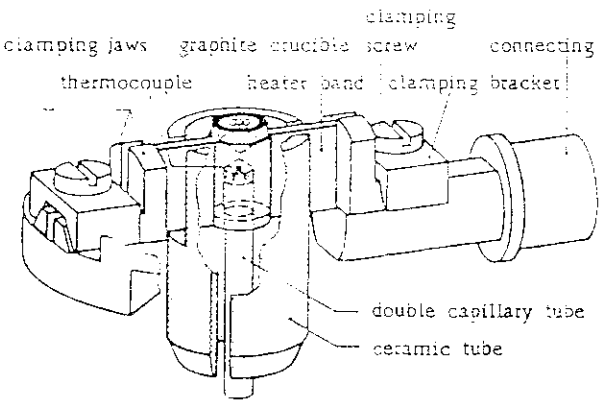


Fig. 26 Heater band with graphite crucible and ceramic tube

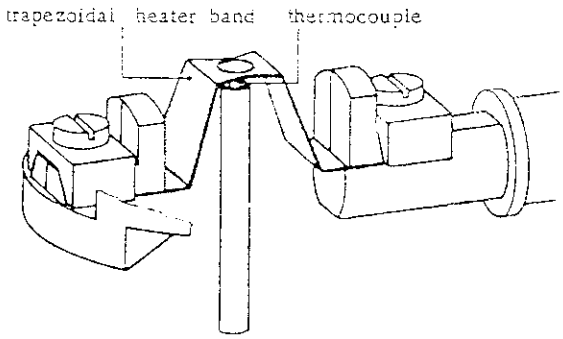


Fig. 27 Trapezoidal heater band without ceramic tube

เมื่อแผ่น Thermocouple ไม่มีประโยชน์ในการวัดต่อไป

ถ้าการปรับในแนวตั้งสำหรับแป้าหลอมหรือตัวอย่างด้วยหัว Knob (3.16) ไม่เพียงพอ,แผ่น thermocouple สามารถเลื่อนโดยใช้ screw หมุน และมันจะถูกปรับในแนวตั้งโดยดึงออกหรือกดลง (ใช้คีมหนีบ)เวลาเย็นตัว

4.การทำความสะอาดแท่นความร้อน (Cleaning the heating stage)

หลังจากห้องแท่นความร้อนถูกเปิดและปอกทำความร้อนและหลอด Al_2O_3 ถูกเคลื่อนออกจากห้องและตัวจับสามารถทำความสะอาดโดยใช้ Petroleum

การทำความสะอาด Quartz-glass plate

การระเหยที่เหลือนั้นจะดีต่อการเคลื่อนออกจากแผ่น Quartz โดยใช้กรด Hydrocloric เจือจาง และทำให้เศษโลหะที่ค้างอยู่ระเหยโดยใช้น้ำ Regie

3.2.2 วิธีการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ

เนื่องจากคู่มือการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิเป็นภาษาเยอรมัน จึงยากมากที่จะทำความเข้าใจทั้งหมด ดังนั้นวิธีการใช้เครื่องจะบอกเฉพาะส่วนที่เข้าใจและส่วนที่ใช้จริง ๆ

เครื่องวัดอุณหภูมิจะมีปุ่มฟังก์ชัน 5 ปุ่ม

1.ปุ่ม Messen ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิขณะทดลอง

2.ปุ่ม Max ใช้สำหรับบอกค่าอุณหภูมิสูงสุดที่วัดได้

3.ปุ่ม Min ใช้สำหรับบอกค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่วัดได้

4.ปุ่ม Hold ใช้สำหรับทำให้ค่าอุณหภูมิที่แสดงบนหน้าจอเครื่องวัดอุณหภูมิหยุดนิ่งเพื่อจะได้บันทึกค่าอุณหภูมินั้นลงในการทดลอง

5.ปุ่ม /V บอกค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด

สำหรับแบตเตอรี่ที่ได้กับเครื่องวัดอุณหภูมิจะได้แบตเตอรี่ขนาด 9V

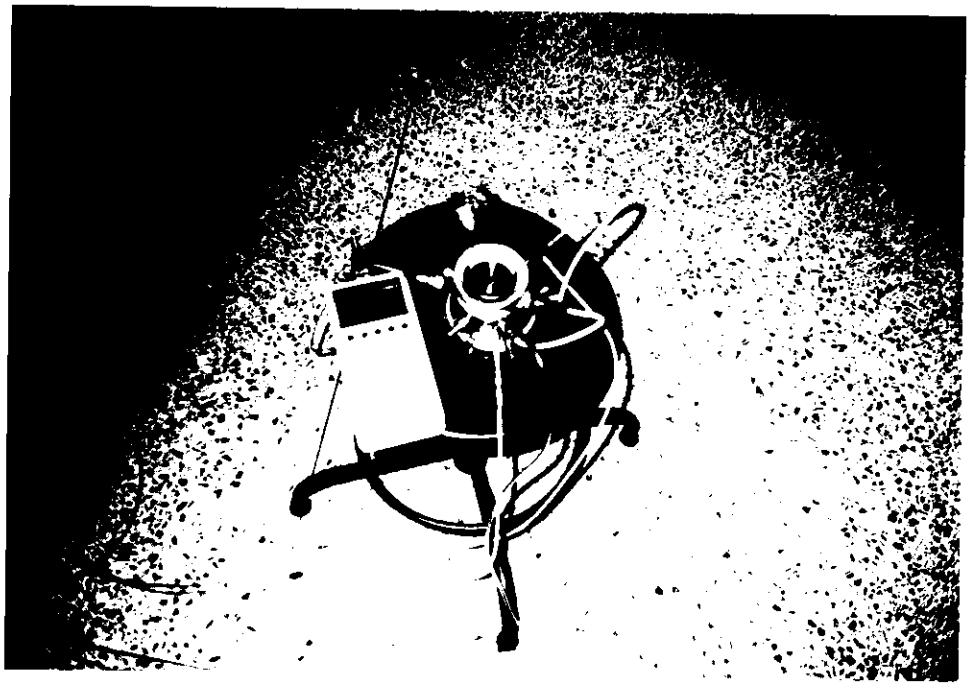
วิธีการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ

-ใส่แบตเตอรี่เข้าเครื่องวัดอุณหภูมิ

- ปรับMode เลือกคู่ควบความร้อนเป็น Mode 2

-เมื่อจะเริ่มวัดอุณหภูมิ กดปุ่ม Messen

สำหรับรูปเครื่องวัดอุณหภูมิแสดงได้ดังนี้



ภาพ3.11 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิและHeating stage

3.2.3 วิธีการใช้ปั๊มน้ำ

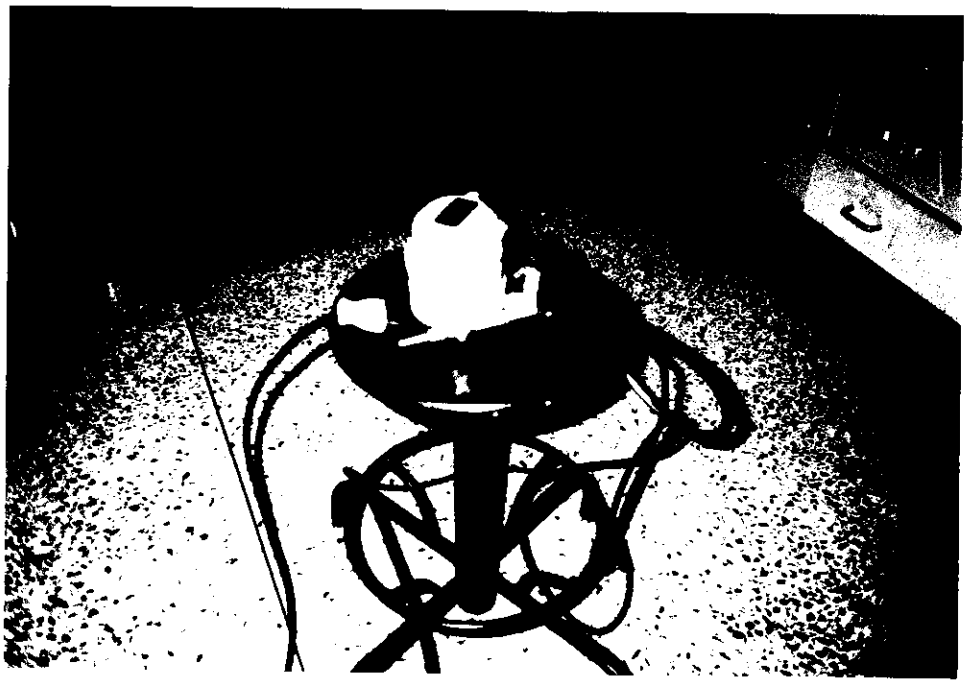
สำหรับวิธีการใช้ปั๊มน้ำมีดังนี้

-ต่อสายยางน้ำเข้าเครื่อง heating stage โดยต่อเข้ากับท่อปล่อยน้ำออกของปั๊มน้ำ

-นำสายยางน้ำออกของเครื่อง heating stage ลงถังน้ำ

-เสียบปลั๊กไฟ

เมื่อเสียบปลั๊กไฟแล้วปั๊มจะเริ่มทำงานโดยดูดน้ำในถังที่ใส่น้ำไว้ไหลเข้าไปในเครื่อง heating stage และน้ำจะไหลออกจากเครื่อง heating stage ลงสู่ถังน้ำ



ภาพ3.12 แสดงปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดลอง

3.2.4 วิธีการใช้แก๊ส

สำหรับแก๊สที่ใช้คือ แก๊สอาร์กอน ใช้เพื่อขับไล่แก๊สออกซิเจนไม่ให้เข้าไปทำปฏิกิริยากับแผ่น heating band และชิ้นงานทดลองขณะให้ความร้อนกับชิ้นงาน นอกจากนี้ยังช่วยระบายความร้อนอีกด้วย

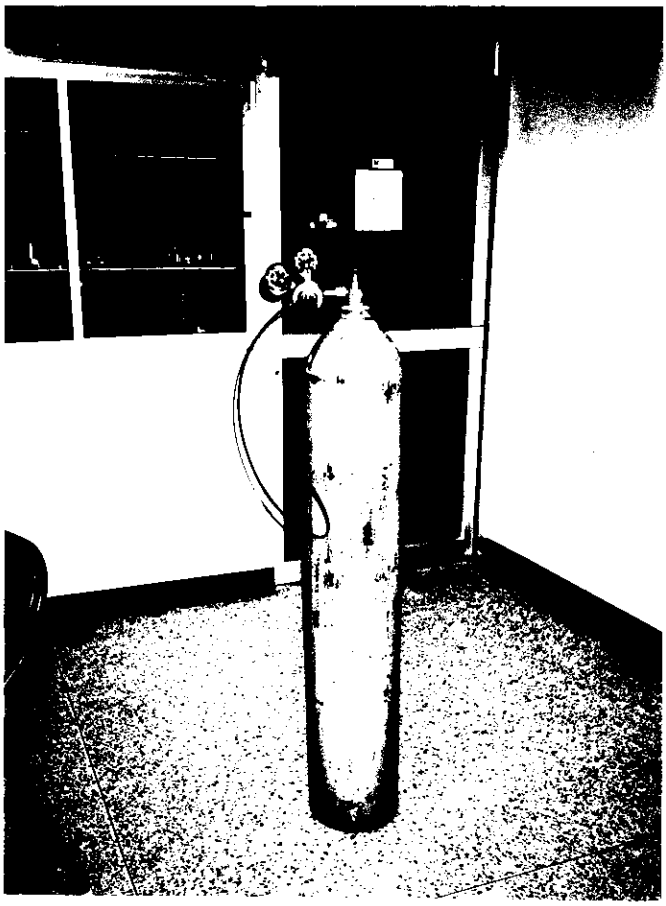
วิธีการใช้แก๊สทำได้ดังนี้

-ต่อสายแก๊สจากถังแก๊สเข้าท่อนำแก๊สเข้าของเครื่อง heating stage

-นำท่อนำแก๊สออกของเครื่อง heating stage จุ่มลงในแก้วในน้ำเพื่อตรวจสอบปริมาณแก๊สที่ไหลเข้าเครื่อง heating stage ว่ามีปริมาณเพียงพอหรือเปล่า

-เปิดวาล์วตัวแรกบนถังแก๊สเพื่อตรวจสอบความดันของแก๊สในถัง

-เปิดวาล์วตัวที่สองบนถังแก๊สเพื่อปล่อยแก๊สเข้าสู่ heating stage ซึ่งวาล์วตัที่สองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวปรับอัตราการไหลของแก๊ส การปล่อยแก๊สเข้าเครื่อง heating stage ต้องให้อัตราการไหลของแก๊สเหมาะสม กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ควรปรับอัตราการไหลของแก๊สให้สูงขึ้นด้วย



รูป3.13 แสดงถังบรรจุแก๊สอาร์กอน

3.2.5 การใช้เครื่อง Power Supply เพื่อปรับอุณหภูมิเครื่อง heating stage

การปรับเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของชิ้นงานทดสอบในเครื่อง heating stage ทำได้โดยใช้เครื่อง Power Supply ซึ่งมีวิธีใช้ดังนี้

-ต่อขั้วไฟฟ้าทั้งสองของเครื่อง power supply เข้ากับขั้วนำไฟฟ้าเข้าของเครื่อง heating stage

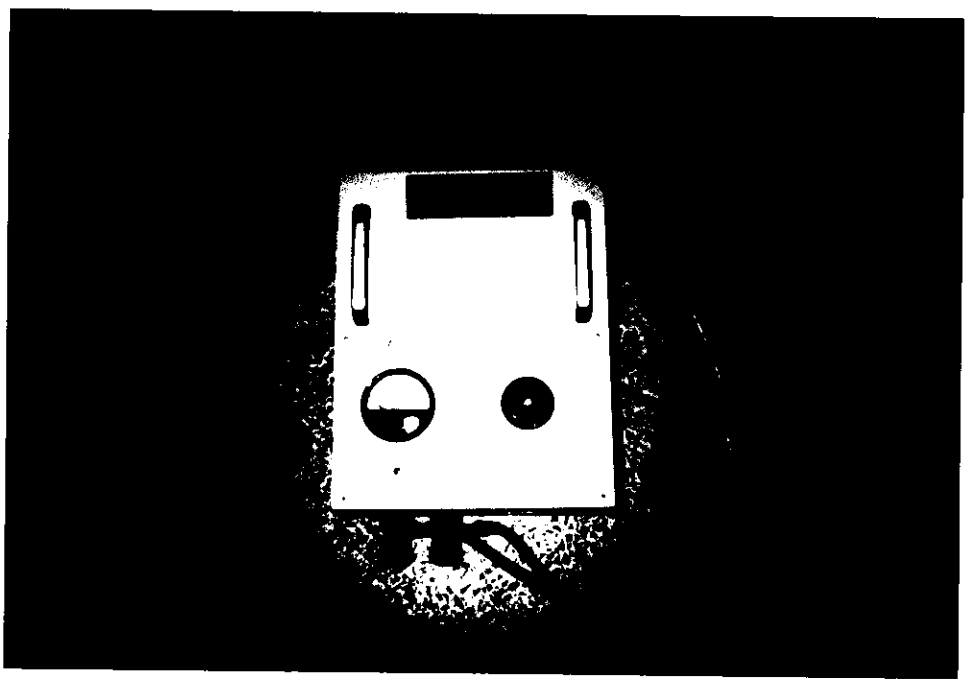
-เสียบปลั๊กไฟฟ้าของเครื่อง power supply เพื่อนำไฟฟ้าเข้าเครื่อง

-หมุนปรับอัตราการไหลของกระแส ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ บนเครื่อง power supply

-ตรวจดูเปอร์เซ็นต์การไหลของกระแสโดยดูจากเข็มชี้บนหน้าปัดของเครื่อง power supply

-ถ้าต้องการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นไปอีก ให้หมุนปรับเปอร์เซ็นต์การไหลของกระแสให้สูงขึ้นไปอีก

สำหรับรูปเครื่อง power supply แสดงได้ดังนี้



รูป3.14 แสดงเครื่อง power supply

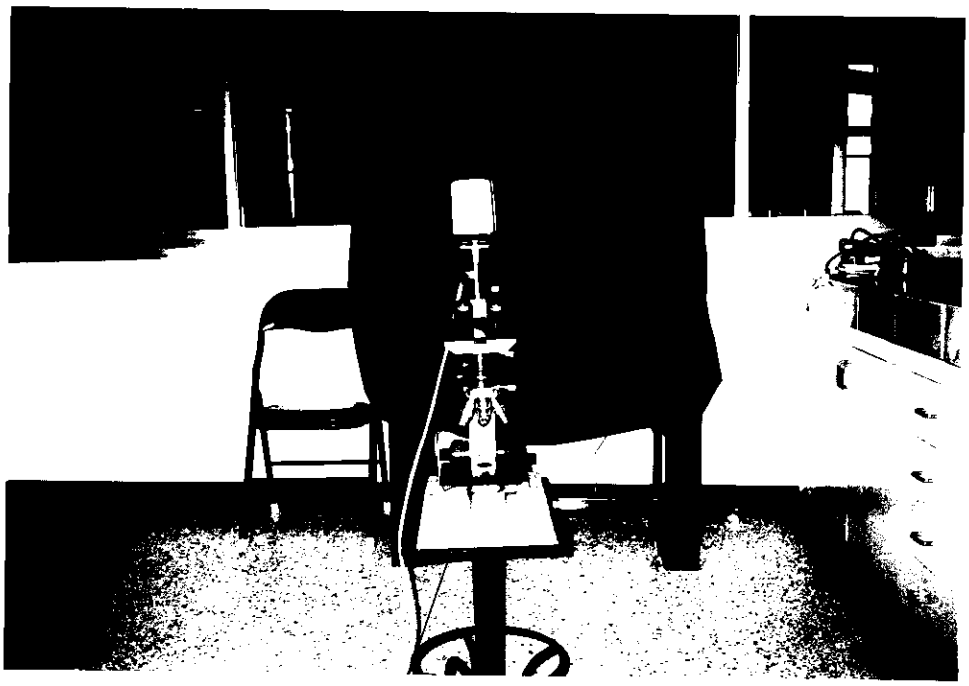
3.2.6 อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้

สำหรับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ได้แก่

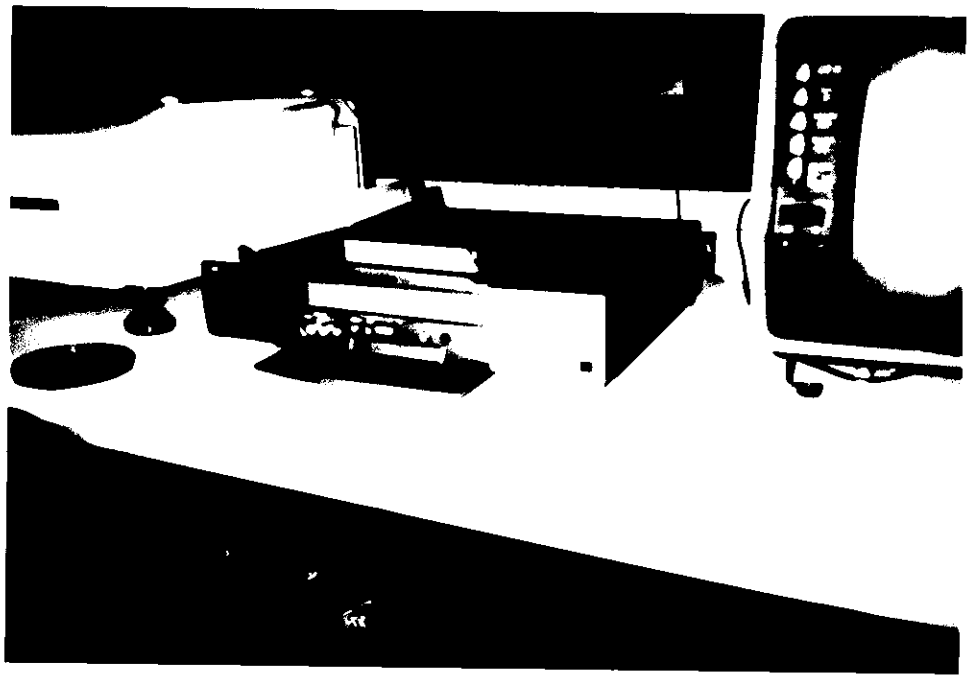
-กล้องจุลทรรศน์

-เครื่องเล่น Video และตลับบันทึกวีดีโอ เป็นระบบที่สามารถบันทึกภาพได้

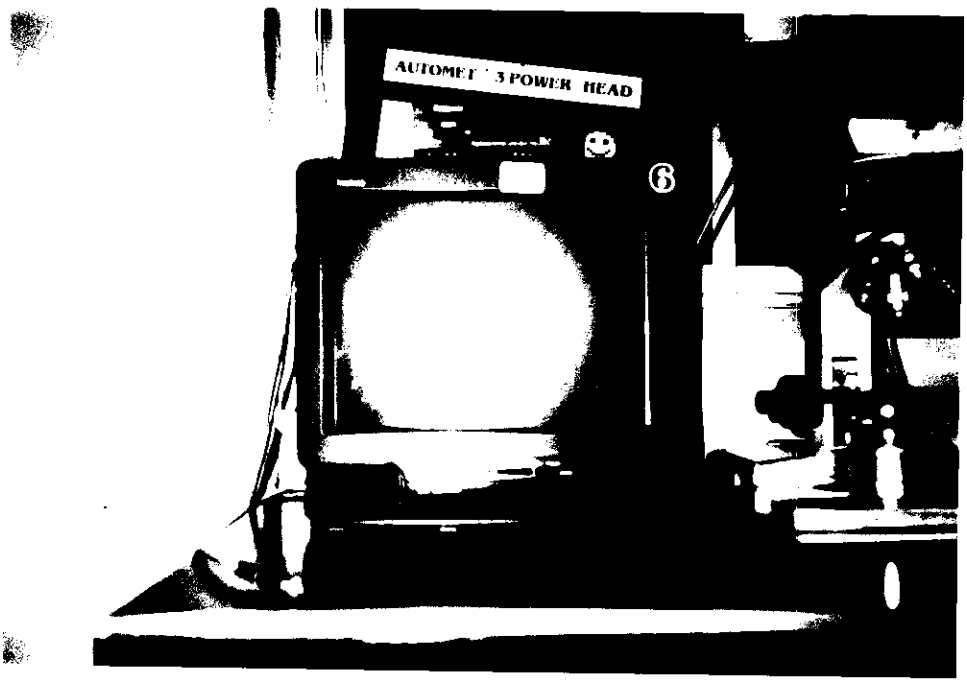
-โทรทัศน์ เป็นTV ที่ใช้โดยทั่วไป



รูป3.15 แสดงกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้



รูป3.16 แสดงเครื่องเล่นวีดีโอและตลับวีดีโอที่ใช้



รูป3.17 แสดงโทรทัศน์ที่ใช้

3.3 เลือกชิ้นงานทดสอบ

สำหรับชิ้นงานที่จะทำการทดสอบได้เลือกไว้คือเหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งได้นำมา 3 ชนิด ได้แก่

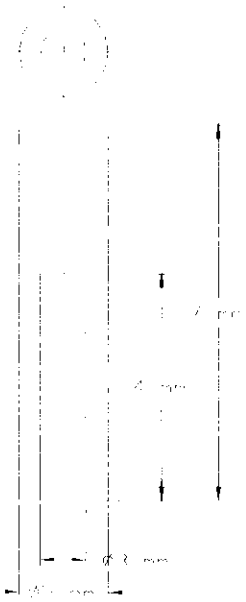
-เหล็กเพลาขาว

-เหล็กเพลาดำ

-เหล็กข้ออ้อย

การเลือกเหล็ก 3 ชนิดนี้เนื่องจากเป็นเหล็กที่ใช้มากในปัจจุบันและหาได้ง่าย

สำหรับขนาดของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบแสดงได้ดังภาพ



ภาพ3.18 แสดงรูปร่างและขนาดของชิ้นที่ทำการทดสอบ

วิธีการทำชิ้นงานทดสอบ

-นำแท่งโลหะทั้ง 3 ชนิด คือ เหล็กเพลาขาว เหล็กเพลาดำ และ เหล็กข้ออ้อย เข้าเครื่องกลึงทีละชิ้นกลึงให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 8-9 มิลลิเมตร โดยใช้เวอร์เนียวัด

-ใช้ดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตรเจาะเข้าไปตรงกลางชิ้นงานที่กลึงแล้ว ความลึกประมาณ 4 มิลลิเมตร เมื่อทำจนครบชิ้นงานทั้ง 3 แล้วจึงนำไปตัดให้ระยะวัดจากด้านที่เจาะรูเป็นความยาว 7 มิลลิเมตร ก็จะได้ชิ้นงานทดสอบมาตรฐาน

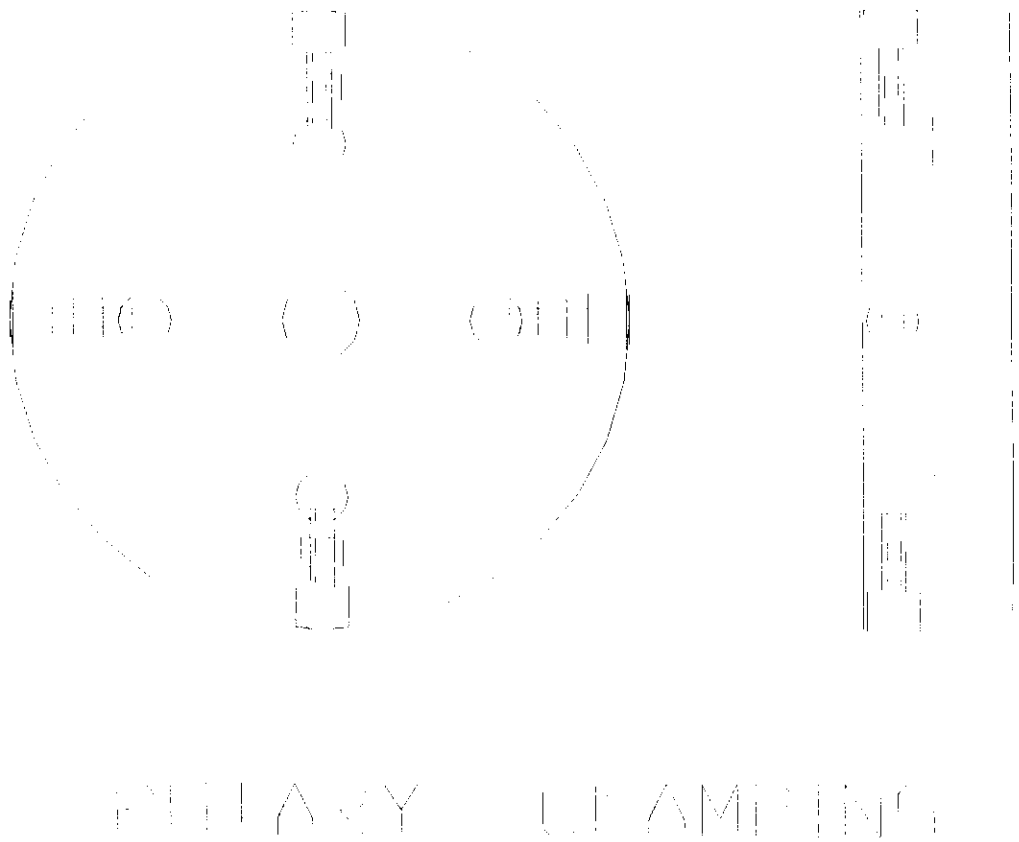
3.4 ออกแบบ Jig-Fixture

3.4.1 การออกแบบแท่นรอง heating stage

จากการที่กล้องจุลทรรศน์ที่มีอยู่ไม่สามารถที่จะใช้ร่วมกับเครื่อง heating stage ได้เนื่องจาก heating stage มีขนาดใหญ่เกินกว่าที่จะนำเข้าไปวางเพื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังนั้นจึงได้ทำการดัดแปลงกล้องจุลทรรศน์ โดยการสร้างแท่นวาง heating stage เพื่อปรับโฟกัสบนกล้องจุลทรรศน์ โดยแท่นดังกล่าวนี้เกิดจากการศึกษาการทำงานของเครื่องวัดความแข็ง กล่าวคือ เมื่อหมุนตัวขับ จะทำให้เพลาในแกนเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวดิ่งทำให้สามารถปรับโฟกัสได้ ซึ่งการออกแบบได้แบบดังนี้

3.4.2 การออกแบบ Rotary Clamp

อีกปัญหาหนึ่งที่พบคือชิ้นงานที่จะมาทำการทดลองต้องมีขนาดเล็กมาก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร สูง 7 มิลลิเมตร และมีรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ลึกประมาณ 4 มิลลิเมตร จึงต้องออกแบบ Rotary Clamp เพื่อใช้จับในการช่วยขัดด้วยเครื่องขัดอัตโนมัติ หลักการในออกแบบจะใช้แรงดันจาก สกรูที่หมุนเข้าเพื่อดันชิ้นให้ยึดติดอยู่กับจานขัด โดยจะมีน็อตตัวเมียเป็นตัวยึดให้นอตตัวผู้อยู่นิ่ง สำหรับจานขัดที่อยู่นี้สามารถขัดชิ้นงานได้ 4 ชิ้นในเวลาเดียวกันซึ่งผลการออกแบบได้แบบดังนี้



ภาพ3.21 แสดงส่วนประกอบของจานขัดที่ได้ออกแบบ

วิธีการทำจานขัดอัตโนมัติ

- นำวัสดุที่มีอยู่แล้ว (ได้มาจากชุดของเครื่องขัดอัตโนมัติ) มาเจาะรูที่ 4จุดซึ่งแต่ละจุดทำมุมกับ 90 $^{\circ}$ เจาะให้มีความลึก 7 mm. ใช้เครื่อง milling ที่เคลื่อนที่ได้3แกน คือ X,Yและ Z ดอกสว่านที่ใช้ Φ5mm. เจาะห่างจากขอบชิ้นงาน 30 cm.

- เปลี่ยนระนาบเป็นเจาะด้านข้าง ใช้ดอกสว่าน Φ4mm. เจาะจนทะลุรูที่เจาะในหัวข้อที่แล้ว จากนั้นเจาะซ้ำด้วยสว่าน Φ 6mm. สำหรับหลบมุมของหัวสกรู

- เจาะบ่อขนาด กว้าง XยาวX ลึก = 7 X 8 X 5 เพื่อเป็นบ่อรองรับสกรู

- ร้อยสกรูด้านข้างทั้งสี่ทิศเพื่อเป็นตัวยึดชิ้นงานตามแบบ

รูป3.22 แสดงจานขัดที่ได้จัดทำเสร็จแล้ว

3.5 การเลือกวัสดุ และจัดทำชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ของ Jig-Fixture

3.5.1 แท่นรอง heating stage

เมื่อได้แบบแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็คือการเลือกวัสดุ ซึ่งได้เลือกวัสดุไว้ 2 ชนิด คือ เหล็กเหนียว และ อลูมิเนียม โดย

-เหล็กเหนียวใช้ทำส่วนประกอบต่าง ๆ ได้แก่ เพลา,ตัวขับ,สลักและฐานรองด้านบน

-อลูมิเนียมใช้ทำฐานรองด้านล่าง

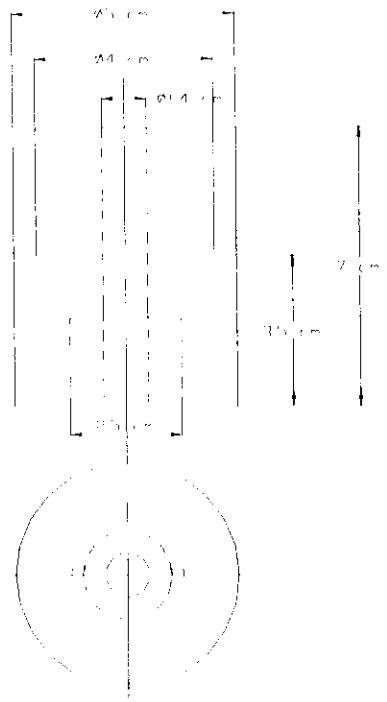
สาเหตุที่เลือกวัสดุต่างชนิดกันคือ

-การขึ้นเกลียวเพื่อที่จะได้เกลียวที่แข็งแรงและทนทานแล้วจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่มีความแข็งแรงสูงมีความเหนียวพอสมควร ซึ่งเหล็กเหนียวก็มีคุณสมบัติข้อนี้ จึงมีคุณสมบัติที่ดีกว่าอลูมิเนียม ดังนั้นจึงเลือกเหล็กเหนียวในการทำชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรง นอกจากนี้ เหล็กเหนียวยังหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด และราคาไม่เพียงนัก การขึ้นรูปต่าง ๆ ทำได้ง่าย

-การเลือกอลูมิเนียมในการทำฐานรองด้านล่างเนื่องจาก ขนาดร่องที่ให้เพลาเคลื่อนที่ขึ้น-ลง จะมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเพลามาก จะทำให้เกิดการเสียดสีขึ้น หากการทำร่องในฐานด้านล่างผิวไม่เรียบเพจะทำให้เพลาเกิดการสึกกร่อนได้ง่าย ซึ่งส่วนที่เป็นเพลานี้จะต้องขึ้นเกลียว เพื่อให้ตัวขับขับเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ ดังนั้นหากเกลียวสึกกร่อนจะทำให้การเคลื่อนที่ของเพลามีปัญหาได้ ทำให้ไม่สามารถปรับโฟกัสของกล้องจุลทรรศน์ได้ จึงได้ออกแบบให้วัสดุที่จะทำฐานรองด้านล่างจะต้องมีความแข็งแรงน้อยกว่าวัสดุที่ใช้ทำเพลา จึงได้เลือกอลูมิเนียมในการทำฐานรองด้านล่าง ซึ่งฐานรองด้านล่างนั้นทำได้ง่ายกว่าส่วนอื่น ๆ

การจัดทำชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแท่นรอง heating stageทำได้ดังนี้

3.5.1.1 แท่นรองด้านล่าง



ภาพ 3.23แสดงแท่นรองHeating Stage ด้านล่าง

วิธีการทำแท่นรองด้านล่าง

-นำแท่งอลูมิเนียม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตรมาตัดโดยใช้เลื่อยตัดโลหะให้ได้ความยาว 8-9 เซนติเมตร

-นำแท่งอลูมิเนียมที่ตัดได้ไปกลึงบนเครื่องกลึงโดยกลึงปาดหน้าทั้ง 2 ด้านให้เรียบ ให้ชิ้นงานที่ได้ยาว 7 เซนติเมตร แล้วกลึงปอกผิวให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตรตลอดความยาวของชิ้นงาน จากนั้นกลึงปอกผิวเข้าไปอีกให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร โดยกลึงเป็นระยะทาง 3.5 เซนติเมตร โดยใช้เวอร์เนียร์วัด

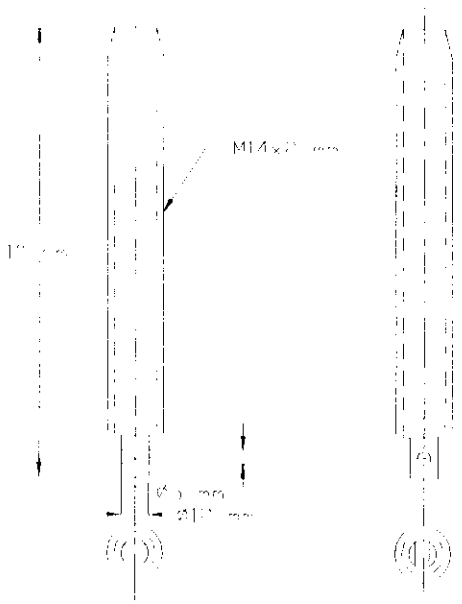
-นำดอกสว่านขนาดเส้นศูนย์กลาง 14 มิลลิเมตรมาเจาะรูให้ทะลุตลอดชิ้นงาน โดยเจาะตรงจุดศูนย์กลางของแท่งอลูมิเนียม

-กลึงลายคมต่าง ๆ บนแท่งอลูมิเนียม

-นำแท่งอลูมิเนียมเข้าเครื่อง Milling เพื่อเซาะร่องด้านล่างสำหรับใส่สลักเพื่อไม่ให้เพลาหมุนได้ โดยใช้ดอก milling ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เซาะร่องตรงกลางเป็นระยะทางทางจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 1.25 มิลลิเมตรไปทางด้านซ้ายและด้านขวา ส่วนความลึกร่องจะเซาะ

ให้ความลึกประมาณ 2 เซนติเมตร ซึ่งระยะนี้จะเป็นตัวบอกว่าเพลาสามารถเคลื่อนที่ขึ้นจากระดับปกติได้เป็นระยะทาง 2 เซนติเมตรในแนวดิ่ง

3.5.1.2 เพลา



ภาพ3.24 แสดงเพลาเคลื่อนที่ที่ได้จากการออกแบบ

วิธีการทำเพลา

- นำเหล็กที่มีขนาด Φ16 mm. มากลึงให้ได้ขนาดΦ14 mm.
- นำไปขึ้นเกลียวด้วยมือขนาดเกลียว M14X2mm. เป็นระยะ 6 cm.
- กลึงลดขนาด ด้านล่าง Φ12mm.
- นำไปเจาะรูด้วยสว่าน Φ 6 mm.
- ทำสลักโดยการกลึงชิ้นงานให้ได้ขนาด Φ 6 mm. ยาว 5cm. (ทำเป็นสลักห้ามการหมุนของเพลา)

3.6 ประกอบ Jig-Fixture

การประกอบ Jig-Figture ทำได้โดยการนำเอาชิ้นส่วนมาประกอบกันดังในภาพที่3.19 จะได้เป็นฐานรองรับ Heating Stage สามารถปรับโฟกัสได้ ส่วนจานขัดอัตโนมัติได้ประกอบเรียบร้อยในหัวข้อที่3.4.2 ในขั้นตอนนี้เพียงแต่ประกอบหัวจับให้เข้ากับจานขัด โดยนำหัวจับมาจากจานขัดอัตโนมัติที่มีอยู่แล้วในห้องทดลองซึ่งสามารถใช้ด้วยกันได้เป็นอย่างดี ในขั้นตอนต่อไป นำเอาฐานรอง Heating Stage มาประกอบกับกล้องจุลทัศน์โดยยึดฐานกล้องจุลทรรศน์ให้แน่น โดยกลับหน้า-

หลังของฐานรองกล้องจุลทรรศน์แล้วยึดด้วยสกรูให้เข้ากับไม้ดังแสดงในภาพในหัวข้อที่ 3.8 และในหัวข้อ3.15

3.7ออกแบบการทดลอง

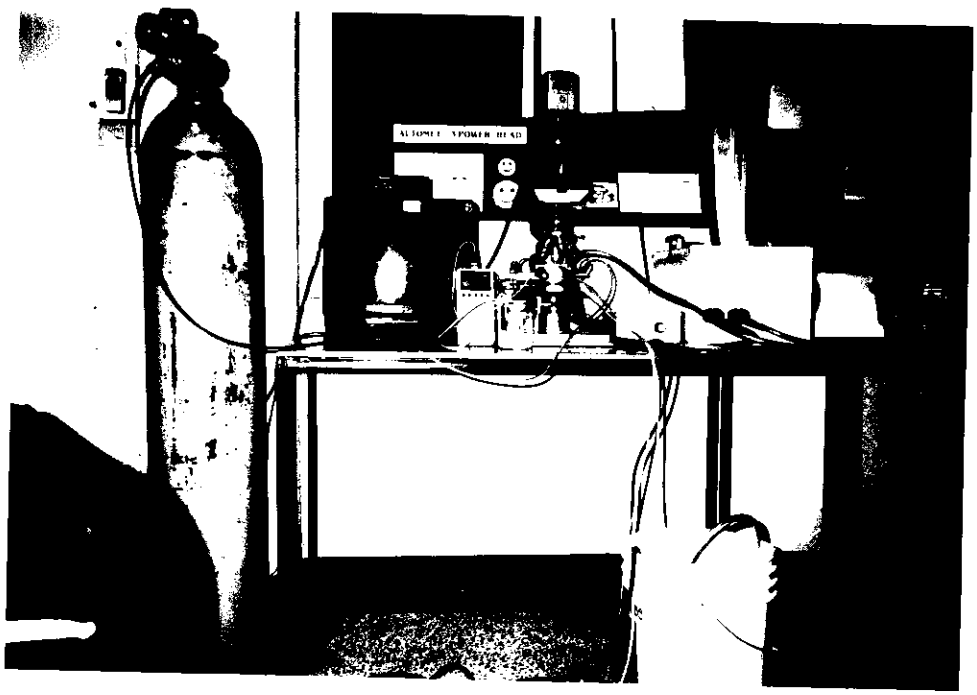
การออกแบบการทดลองในที่นี้คือการวางแผนลำดับขั้นตอนการทำการทดลองเริ่มจากการนำชิ้นงานไปขัดดูเกรน เก็บชิ้นงาน เลือกลำดับก่อนหลังของชิ้นงาน เลือกช่วงอุณหภูมิ

3.8ประกอบชุดทดลอง

การประกอบชุดทดลองทำได้โดยนำอุปกรณ์ที่ได้กล่าวมาแล้วมาประกอบเข้าด้วยกัน ดังนี้

- วาง Heating Stage ไว้บนแท่นปรับโฟกัส
- ต่อวงจรไฟฟ้าเข้า Heating Stage ตรงบริเวณข้อต่อที่เป็นสายน้ำหล่อเย็นวนดูในคู่มือการใช้ Heating Stage ประกอบด้วย
- ต่อสายน้ำจากปั๊มเข้าตรงทางน้ำเข้า สังเกตทางน้ำเข้าจะมี Flow miter อยู่ในสายยางสังเกตเห็นได้โดยง่าย
- ต่อสายแก๊สเข้าที่ทางแก๊สเข้าดูจากคู่มือประกอบด้วยเพื่อความสะดวก
- ต่อวงจรTV กล้องจุลทรรศน์ เข้าตัวแปลงสัญญาน จากตัวแปลงสัญญานเข้า VDO จากVDOเข้าTV

ดังจะดูได้จากภาพประกอบดังต่อไปนี้



รูป 3.25 ชุดทดลองที่ประกอบเสร็จเรียบร้อย

3.9 เข้าชุดทดลอง

ในขั้นตอนนี้นำชิ้นงานที่ต้องการจะทดสอบเข้าใส่ใน Heating Stage จากนั้นต่อกระแสไฟฟ้าให้ครบวงจร เตรียมตัวเร่งอุณหภูมิและปรับโฟกัสให้ถูกต้องชัดเจน ตรวจสอบดูอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น ดูจากอัตรมการไหลออกและตรวจสอบไม่ให้สายน้ำพับหรืองอ ตรวจสอบระบบแก๊ส โดยจุ่มปลายท่อแก๊สทที่ทางออกแก๊สลงในในน้ำเพื่อตรวจสอบอัตราการไหลให้สัมพันธ์กับความร้อนที่เกิดขึ้น

3.10 บันทึกภาพด้วย VDO

ในระหว่างการเร่งอุณหภูมิทำการบันทึกภาพที่เกิดขึ้นด้วย VDO โดยกดปุ่ม Record จากนั้นทำการบอกอุณหภูมิโดยการพูดผ่านทางไมโครโฟน บันทึกลงใน VDO

3.11 วิเคราะห์ผลและสรุป

เป็นขั้นตอนการนำ VDO ที่ได้จากการทดลองมาเปิดดูอีกครั้งเพื่อพิจารณาดูการเปลี่ยนเฟส