

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดฝึกปฏิบัติการทดสอบสมบัติวัสดุคาร์บอนเพื่อดักจับคาร์บอนไดออกไซด์
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
3. รายละเอียดทั่วไป

ชุดฝึกปฏิบัติการทดสอบสมบัติวัสดุคาร์บอนเพื่อดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

### 3.1 ชุดวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุคาร์บอน จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

เป็นเครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิว (Surface area), การกระจายขนาดรูพรุน (Pore size distribution) ทั้ง Micropore และ Mesopore, ปริมาตรของรูพรุน (Pore Volume) ของอนุภาค โดยอัตโนมัติ ใช้หลักการวัดปริมาณก๊าซที่ถูกดูดซับบนผิวของอนุภาคแบบ STATIC VOLUMETRIC GAS ADSORPTION METHOD สามารถใช้กับงานทางด้าน MOFs, Zeolites, activated carbons, adsorbents, และตัวอย่างต่าง ๆ ที่มีความเป็นรูพรุน (porous materials) และไม่มีรูพรุน (non-porous materials)

### 3.2 เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางร้อนของวัสดุคาร์บอน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางร้อนของวัสดุคาร์บอน เป็นเครื่องที่สามารถหาปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไปของสารตัวอย่างเนื่องจากปฏิกิริยาทั้งที่เป็นแบบดูดความร้อน และคายความร้อน พร้อมกันนั้นสามารถหาปริมาณน้ำหนักของสารตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงไปอันเนื่องมาจากปฏิกิริยารีดักชันหรือออกซิเดชัน ขณะที่เพิ่ม/ลดและรักษาอุณหภูมิให้คงที่แก่สารตัวอย่าง สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่าง ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น สารโพลีเมอร์ เซรามิก โลหะ อาหาร ยาปฏิชีวนะ ยางสังเคราะห์

### 3.3 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในวัสดุคาร์บอน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ (CHNS) แบบอัตโนมัติ ในตัวอย่างของแข็ง และของเหลว โดยใช้หลักการการเผาไหม้ตัวอย่างในเตาเผาอุณหภูมิสูง ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้จะผ่านการแยกโดยอาศัยคอลัมน์ หลังจากนั้นจะตรวจวัดปริมาณด้วย Thermal Conductivity Detector ทำการประมวลผล และควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์

### 3.4 เครื่องวิเคราะห์สารด้วยแสงอินฟราเรด จำนวน 1 เครื่อง

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุที่เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ เพื่อตรวจวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของโมเลกุลรวมกับเทคนิคอื่น โดยอาศัยหลักการของการดูดกลืนคลื่นรังสีช่วงกลางอินฟราเรด (Middle infrared region) ประมาณ 400 - 4000  $\text{cm}^{-1}$  เมื่อโมเลกุลได้รับ

พลังงานจากคลื่นรังสีอินฟราเรดที่มีความถี่ตรงกับความถี่ของการสั่น (Stretching) หรือการหมุน (Bending) ของพันธะโคเวเลนต์ในโมเลกุล จะทำให้โมเลกุลดังกล่าวเกิดการดูดกลืนแสง และมีการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนต์ขั้วคู่ (Dipole moment) ของโมเลกุล จากนั้นเครื่องมือจะวัดค่าความเข้มแสงต่อความถี่หรือความยาวคลื่น (Wave number) ได้ผลเป็นสเปกตรัม ซึ่งในแต่ละพันธะของหมู่ฟังก์ชันจะแสดงค่าความยาวคลื่นเฉพาะต่างกัน

### 3.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับงานประมวลผล แบบที่ 1 จำนวน 4 เครื่อง

เป็นเครื่องมือที่ไว้ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องมือวิเคราะห์ ประมวลผล และแสดงผลการวิเคราะห์

### 3.6 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จำนวน 4 เครื่อง

เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้าแบบชั่งจากด้านบน ทศนิยม 4 ตำแหน่ง สำหรับงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี

### 3.7 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จำนวน 3 เครื่อง

เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้าแบบชั่งจากด้านบน ทศนิยม 2 ตำแหน่ง สำหรับงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี

### 3.8 เครื่องชั่ง ชนิด Dual range จำนวน 1 เครื่อง

เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้า แบบ Dual-range สำหรับงานวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเคมี

### 3.9 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 3 kVA จำนวน 3 เครื่อง

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำรองไฟฟ้าและป้องกันไฟกระชากของเครื่องมือวิเคราะห์

### 3.10 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 1 kVA จำนวน 1 เครื่อง

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำรองไฟฟ้าและป้องกันไฟกระชากของเครื่องมือวิเคราะห์

### 3.11 เครื่องพิมพ์เลเซอร์ หรือ LED สี ชนิด Network แบบที่ 1 จำนวน 1 เครื่อง

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับพิมพ์ผลการวิเคราะห์

### 3.12 โตะสำหรับวางเครื่องชั่ง จำนวน 1 โตะ

เป็นโตะสำหรับวางเครื่องชั่ง มีความแข็งแรงทนทาน ป้องกันการสั่นสะเทือน เพื่อความแม่นยำในการชั่ง

## 4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

### 4.1 ชุดวิเคราะห์พื้นผิวจำเพาะของวัสดุคาร์บอน จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

#### 4.1.1 เครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวและรูพรุน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.1.1.1 สามารถวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาค (SPECIFIC SURFACE AREA) ได้ตั้งแต่ 0.01 ตารางเมตรต่อกรัม เมื่อใช้ก๊าซไนโตรเจน ( $N_2$ ) หรือได้ตั้งแต่ 0.0005 ตารางเมตรต่อกรัม เมื่อใช้ก๊าซคริปทอน (Kr)

- 4.1.1.2 สามารถวิเคราะห์ได้ไม่น้อยกว่า 3 ตัวอย่างพร้อมกัน โดยสามารถเลือกวิเคราะห์ Micropore ได้ 3 ช่องตัวอย่าง ซึ่งทำงานควบคุมเป็นอิสระจากกัน โดยตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในภาชนะใส่ไนโตรเจนเหลวอันเดียวกัน เพื่อประหยัดไนโตรเจนเหลวในการวิเคราะห์แต่ละครั้ง
- 4.1.1.3 สามารถวิเคราะห์ 3 ตัวอย่างพร้อมกันโดยใช้ก๊าซดูดซับ (Adsorptive gas) ต่างชนิดกันได้
- 4.1.1.4 มีหลอดวัดความดันอ้างอิง (Saturation pressure tube,  $P_0$ ) เพื่อให้ระบบสามารถวัดค่าความดัน ณ จุดอิ่มตัวของก๊าซที่ใช้ในการวิเคราะห์ (Adsorptive) ขณะทำการวิเคราะห์
- 4.1.1.5 ผู้ใช้สามารถป้อนค่าพื้นที่ว่าง (Free space) หรือให้ระบบคำนวณ หรือวัดค่า ในขณะที่ทำการทดลองเพื่อให้การประมวลผลได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ นอกจากนี้ยังสามารถเลือกการวัดค่าพื้นที่ว่าง (Free space) หลังการวิเคราะห์เพื่อป้องกันก๊าซฮีเลียมติดอยู่ในตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์ด้วยก๊าซดูดซับ (Adsorptive gas) ได้
- 4.1.1.6 สามารถวิเคราะห์ค่าการดูดซับทางเคมี (Chemisorption) ได้ภายในเครื่องเดียวกัน และสามารถวิเคราะห์ ได้ทั้งในระบบ Static และ Dynamic
- 1) สามารถทำการวิเคราะห์ได้ครั้งละ 1 ตัวอย่าง
  - 2) สามารถทำ Temperature-programmed reduction (TPR), desorption (TPD), oxidation (TPO) และ reactions (TPRx) ได้
  - 3) มี Thermal Conductivity Detector (TCD) สำหรับตรวจจับความแตกต่างของความเข้มข้นของก๊าซที่ไหลเข้าและไหลออกจากตัวอย่าง
  - 4) มีเตาเผา (furnace) ที่สามารถทำอุณหภูมิในส่วนของ sample reactor ได้ไม่น้อยกว่า 1,100 องศาเซลเซียส
  - 5) ใช้ระบบ Mass Flow control ในการควบคุมอัตราการไหลของก๊าซ (flow rate) ได้ไม่น้อยกว่า  $200 \text{ cm}^3/\text{min}$ ,  $\pm 1\%$  of set point
  - 6) มี VCR seals เพื่อป้องกันสารที่เกิดจากการทำปฏิกิริยา ทำให้ระบบของเครื่องมีความสะอาด
- 4.1.1.7 ช่องสำหรับต่อเข้ากับก๊าซที่เป็นตัวดูดซับ (Adsorptive gas inputs) จำนวนไม่น้อยกว่า 12 ช่อง และมีช่องต่อก๊าซที่ใช้สำหรับ Loop Injection ในการวิเคราะห์ Chemisorption จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
- 4.1.1.8 มีระบบ Servo valve ในการควบคุมการจ่ายและการดึงก๊าซออกจากระบบ

- 4.1.1.9 สามารถใช้ก๊าซที่เป็นตัวถูกดูดซับ(Adsorptive gas) ได้หลายชนิด เช่น Nitrogen, Oxygen, Argon, Carbon dioxide, Carbon monoxide, Hydrogen, Butane, และ Non-corrosive gas อื่นได้
- 4.1.1.10 ภาชนะใส่ไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen) ทำจากแก้ว มีความจุไม่น้อยกว่า 3.2 ลิตร สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ยาวนานไม่น้อยกว่า 70 ชั่วโมง
- 4.1.1.11 โปรแกรมการทำงาน มีปุ่มหยุดการทดลองชั่วคราว เพื่อเติมไนโตรเจนเหลว สำหรับการวิเคราะห์ที่ยาวนานได้
- 4.1.1.12 มี Isothermal Jacket สามารถทำให้มี thermal profile คงที่ตลอดความยาวของหลอดใส่ตัวอย่าง (sample tube) และ P<sub>0</sub> tube ขณะทำการวิเคราะห์
- 4.1.1.13 มีระบบปั๊มสุญญากาศเป็นชนิด Turbo molecular drag pump และ diaphragm pump ซึ่งสามารถทำ Ultimate vacuum ได้ไม่น้อยกว่า  $3.75 \times 10^{-10}$  มิลลิเมตรปรอท จำนวน 1 เครื่อง
- 4.1.1.14 มีชุดวัดแรงดัน (Transducer) ดังนี้
- 1) 1000 mmHg  $\pm$  0.12% of reading (Instrument) จำนวนไม่น้อยกว่า 5 ชุด
  - 2) 10 mmHg  $\pm$  0.12% of reading (Instrument and Performance) จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ชุด
  - 3) 0.1 mmHg  $\pm$  0.15% of reading (Instrument and Performance) จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- 4.1.1.15 มีระบบ Degas (Degas In Situ) หลอดใส่ตัวอย่างตรงส่วนการวิเคราะห์ (Analysis port) ก่อนเริ่มทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อเป็นการไล่ก๊าซที่อาจกลับเข้ามาปนเปื้อนขณะย้ายตัวอย่างออกจากเครื่องเตรียม
- 4.1.1.16 สามารถรายงานผลได้ดังนี้ Isotherm; BET Surface area; Langmuir Surface area; t-Plot; Alpha-S Method; BJH adsorption and desorption; Dollimore-Heal adsorption and desorption; Horvath-Kawazoe; MP-Method; DFT Pore size and surface energy; Dubinin-Radushkevich; Dubinin-Astakhov
- 4.1.1.17 มีโปรแกรมควบคุมการทำงาน เก็บ ประมวลผลและแสดงผลการวิเคราะห์ด้วยระบบ Windows 10 หรือทันสมัยกว่า
- 4.1.2 เครื่องเตรียมตัวอย่างระบบสุญญากาศ จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้
- 4.1.2.1 เป็นเครื่องเตรียมตัวอย่างโดยระบบสุญญากาศ (Vacuum) และให้ความร้อนแก่สารตัวอย่างเพื่อระเหยก๊าซหรือไอน้ำที่เกาะอยู่ที่ผิวหรือรูพรุนของตัวอย่างออก

- 4.1.2.2 สามารถเตรียมตัวอย่างได้พร้อมกันได้สูงสุดถึง 6 ตัวอย่างพร้อมกัน โดยแต่ละ port ทำงานแยกจากกัน ทำให้สามารถใส่หรือถอดตัวอย่างออกได้โดยไม่รบกวนการทำงานของตัวอย่างอื่น
- 4.1.2.3 สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 40 °C จนถึง 450 °C หรือช่วงกว้างกว่า โดยปรับตั้งได้ครั้งละ 1 °C
- 4.1.2.4 สามารถตั้งอุณหภูมิแต่ละ port ให้แตกต่างกันได้
- 4.1.2.5 สามารถตั้ง Heating ramp rate ได้ตั้งแต่ 0.1 °C/min จนถึง 10 °C/min หรือช่วงกว้างกว่า
- 4.1.2.6 สามารถตั้งค่า Hold time ได้ตั้งแต่ 0 – 999 นาที โดยปรับตั้งเพิ่มค่าได้ครั้งละ 1 นาที
- 4.1.2.7 มีระบบ Automatic Backfill
- 4.1.2.8 มีโปรแกรมควบคุมการทำงาน และแสดงผลการทำงานด้วยระบบ Windows 10 หรือทันสมัยกว่า
- 4.1.3 มีก๊าซฮีเลียมบริสุทธิ์ ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.4 มีก๊าซไนโตรเจนบริสุทธิ์ ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.5 มีก๊าซอาร์กอนบริสุทธิ์ ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.6 มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.9 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.7 มีก๊าซไฮโดรเจน 10% ใน อาร์กอน บริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.8 มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 10% ใน ฮีเลียม บริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.9 มีก๊าซออกซิเจน 10% ใน ฮีเลียม บริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.10 มีก๊าซแอมโมเนีย 5% ใน ฮีเลียม บริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 99.99 % บรรจุถังขนาดไม่ต่ำกว่า 6 ลูกบาศก์เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.11 มีถังบรรจุไนโตรเจนเหลว ความจุไม่ต่ำกว่า 35 ลิตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ถัง
- 4.1.12 หลอดบรรจุตัวอย่าง (Sample tube) ขนาด 12 mm สำหรับ Physisorption จำนวนไม่น้อยกว่า 12 อัน
- 4.1.13 หลอดบรรจุตัวอย่าง สำหรับทดสอบ Chemisorption จำนวนไม่น้อยกว่า 4 อัน

- 4.1.14 ชุดฝาปิดหลอดใส่ตัวอย่าง (check seal) พร้อม filler rod ซึ่งไม่จำเป็นต้องถอดออกจากหลอดใส่ตัวอย่าง เมื่อใส่เข้าไปในเครื่องเตรียมและย้ายไปใส่ส่วนการวิเคราะห์เป็นการป้องกันก๊าซหรือความชื้นกลับเข้ามาปนเปื้อนตัวอย่างได้ จำนวนไม่น้อยกว่า 12 ชุด
- 4.1.15 สารอ้างอิงชนิดซิลิกา-อะลูมินา สำหรับวัดค่าพื้นที่ผิวและ Mesopore จำนวน 2 ชนิด ขนาดบรรจุต่อชนิดไม่น้อยกว่า 10 กรัม
- 4.1.16 สารอ้างอิงชนิดวาย-ซีโอไลท์ (Y-Zeolite) สำหรับวัดค่า Micropore จำนวน 2 ชนิด ขนาดบรรจุต่อชนิดไม่น้อยกว่า 2.5 กรัม
- 4.1.17 สารอ้างอิงชนิด Calcium Oxalate สำหรับวัดค่า Chemisorption จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชนิด ขนาดบรรจุต่อชนิดไม่น้อยกว่า 0.5 กรัม
- 4.1.18 มี Quartz wool บรรจุขนาดไม่น้อยกว่า 4x6 นิ้ว จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ถุง
- 4.1.19 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต
- 4.1.20 บริษัทต้องออกหนังสือรับรองการบำรุงรักษาเครื่องหลังจากครบประกัน โดยให้บริการดูแลบำรุงรักษาเครื่องโดยไม่คิดค่าวัสดุสิ้นเปลืองและค่าแรงหรือค่าบริการ ปีละ 1 ครั้ง นาน 2 ปี
- 4.1.21 คู่มือการใช้งานภาษาไทยจำนวน 1 ชุด และภาษาอังกฤษจำนวน 1 ชุด

#### 4.2 เครื่องวิเคราะห์สมบัติทางร้อนของวัสดุคาร์บอน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.2.1 ระบบโครงสร้างของตัวเครื่องเป็นแบบ Vertical and Top loading system ซึ่งมีระบบตรวจวัดน้ำหนักระดับไมโครกรัม (Microbalance system) อยู่ด้านล่างเพื่อรองรับชุดหัววัด Sensor (sample holder)
- 4.2.2 สามารถวัดพลังงานที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (enthalpy) ตามหลักการของ DSC พร้อมกับปริมาณน้ำหนักของสารองค์ประกอบ ที่สูญหายไป (Weight loss) ตามหลักการของ TGA ได้พร้อมกันในการทดสอบแต่ละครั้งได้
- 4.2.3 ตัวเครื่องมีระบบที่สามารถรับรู้ได้ทันทีว่า ชุดหัววัด (Sensor / Sample carrier) ที่ใส่อยู่นั้นเป็นรูปแบบใด เพื่อป้องกันอันตรายจากการใช้สถานะที่ไม่เหมาะสมกับรูปแบบของชุดหัววัด (Sensor / Sample carrier) ที่ใช้งาน
- 4.2.4 สามารถประยุกต์ใช้กับ Sensor (sample holder) ได้หลายรูปแบบ เช่น TGA-DSC, TGA-DTA, TG-high volume (max. volume 5.0 cm<sup>3</sup>) และ TG-slip on plate เพื่อความเหมาะสมในการใช้งานที่ต่างกัน
- 4.2.5 ระบบตรวจวัดน้ำหนักระดับไมโครกรัม (Microbalance system) เป็นรูปแบบ Plug and Play ซึ่งเมื่อผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนชนิดของ sample pan, ชนิดของ sensor (Sample carrier) และปริมาณน้ำหนักสารตัวอย่าง ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องปรับสมดุลของ

- ระบบการชั่งน้ำหนัก โดยการเพิ่ม/ลดน้ำหนักส่วนเสริมด้วยตัวเอง (No balance adjustment by adding counterweight)
- 4.2.6 มีระบบ Automatic Mass Calibration ประกอบไปด้วยน้ำหนักมาตรฐานติดตั้งภายใน Microbalance system ทำให้ผู้ใช้สามารถปรับแก้ค่า (Calibration) ระบบตรวจวัดน้ำหนักได้ด้วยตัวเองตามต้องการ
- 4.2.7 เตาเผาเป็นแบบ SiC furnace ที่สามารถทำอุณหภูมิต่ำสุดได้ไม่มากกว่า อุณหภูมิห้อง และทำอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่ต่ำกว่า 1,600 องศาเซลเซียส
- 4.2.8 สามารถวัดน้ำหนักที่หายไปได้สูงสุด (Maximum sample load) รวม Crucible ไม่น้อยกว่า 35 กรัม
- 4.2.9 ความละเอียดของระบบการชั่งน้ำหนัก (Balance resolution) 0.1 ไมโครกรัม ได้ตลอดช่วงการวัดทั้งหมดของระบบ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนช่วงของการวัด (Measuring range)
- 4.2.10 ตัวเครื่องถูกออกแบบมาให้สามารถทำการวิเคราะห์ในบรรยากาศ แบบสุญญากาศได้อย่างสมบูรณ์ (Vacuum-tight design) ไม่มากกว่า  $10^{-2}$  mbar เมื่อเทียบกับเครื่องสร้างสถานะสุญญากาศได้
- 4.2.11 สามารถทำการดึงอากาศออกและใส่ก๊าซที่ต้องการได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 3 รอบโดยอัตโนมัติ (automatic evacuation and refilling) เพื่อสร้างสถานะบรรยากาศบริสุทธิ์โดยสมบูรณ์ (Pure atmosphere) เมื่อเทียบกับเครื่องสร้างสถานะสุญญากาศได้
- 4.2.12 อุปกรณ์ควบคุมและบันทึกอัตราการไหลแบบอัตโนมัติ ติดตั้งภายในตัวเครื่อง สำหรับ purge gas จำนวน 2 ช่องและ protective gas จำนวน 1 ช่อง โดยมีอัตราการไหลของก๊าซได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 250 มิลลิลิตรต่อนาที
- 4.2.13 โปรแกรมปฏิบัติการและโปรแกรมประมวลผล
- 4.2.13.1 โปรแกรมปฏิบัติการและโปรแกรมประมวลผลเป็นโปรแกรมที่ใช้งานบนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 หรือใหม่กว่า
- 4.2.13.2 สามารถหาค่า Glass transition, Melting behavior, Oxidation behavior, Mass changes, Decomposition และ Temperature stability เป็นต้น
- 4.2.13.3 สามารถทำการวัดและวิเคราะห์ผลได้พร้อมกัน (simultaneous measurement and evaluation)
- 4.2.13.4 สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เดียวกันในการควบคุมการทำงานและประมวลผลสำหรับเครื่องวิเคราะห์ทางความร้อนชนิดอื่นได้ เช่น Dynamics Mechanical Analyzer (DMA), Dilatometer (DIL) และ ThermoMechanical Analyzer (TMA) เป็นต้น

- 4.2.13.5 สามารถทำการเปรียบเทียบกราฟจากการวิเคราะห์ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 64 กราฟ บนหน้าจอเดียวกัน
- 4.2.13.6 สามารถกำหนดลำดับการเพิ่ม/ลด/คงที่ ของอุณหภูมิ (Temperature segment) ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 256 ลำดับ ใน 1 โปรแกรมการทดลอง
- 4.2.13.7 สามารถหา mass changes in % or mg, residual mass, onset, peak, inflection, end temperature 1<sup>st</sup> และ 2<sup>nd</sup> derivative และ peak area ได้
- 4.2.13.8 สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก, อุณหภูมิ และ FTIR-spectra
- 4.2.14 อุปกรณ์ Protective tube สำหรับป้องกัน Heating element ไม่ให้เกิดความเสียหาย ทำจาก Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ซึ่งสามารถทำการทดสอบอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 1,600 องศาเซลเซียส สำหรับการทดลองภายใต้สภาวะ Inert, Oxidize and Vacuum atmosphere จำนวน 1 ชิ้น
- 4.2.15 ชุดหัววัด Sensor (Sample carrier) สำหรับการวัดแบบ TG-DSC ซึ่งมีแผ่นวัสดุประเภท แพลทตินัมเชื่อมระหว่างฐานรองรับสารอ้างอิง (Reference) และฐานรองรับสารตัวอย่าง (Sample) ทำให้สามารถวัดปริมาณความร้อน (Enthalpy) เมื่อเกิดปฏิกิริยา ดูดและคายความร้อนโดยตรง (True DSC signal) และใช้ thermocouple ชนิด type S สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิได้สูงสุดไม่ น้อยกว่า 1,600 องศาเซลเซียส จำนวน 1 ชุด
- 4.2.16 ชุดหัววัด Sensor (Sample carrier) สำหรับการวัดแบบ TGA ใช้ thermocouple ชนิด type S สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 1,600 องศาเซลเซียส จำนวน 1 ชุด
- 4.2.17 ภาชนะรองรับสารตัวอย่างแบบ Large beaker crucible ทำจาก Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ความจุ 5.0 cm<sup>3</sup> สำหรับใช้ร่วมกับชุดหัววัด Sensor (Sample carrier) สำหรับการวัดแบบ TGA จำนวน 2 ชิ้น
- 4.2.18 แผ่นรองรับสารตัวอย่างแบบ TG-slip on plate ทำจาก Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> เส้นผ่านศูนย์กลาง 17 mm สำหรับใช้ร่วมกับชุดหัววัด Sensor (Sample carrier) สำหรับการวัดแบบ TGA จำนวน 1 ชิ้น
- 4.2.19 ชุดวงแหวนสำหรับกันรังสีความร้อน (radiation shield) เพื่อป้องกันไม่ให้รังสีไปสู่ balance จำนวน 1 ชุด
- 4.2.20 เครื่องสร้างสภาวะสุญญากาศ ใช้หลักการ Two-stage vane-type rotary pump (4 m<sup>3</sup>/h) สำหรับสร้างสภาวะสุญญากาศในตัวเครื่องมือ จำนวน 1 เครื่อง
- 4.2.21 ชุดถังก๊าซพร้อมวาล์วปรับแรงดันสำหรับก๊าซไนโตรเจนและก๊าซออกซิเจน จำนวน อย่างละ 1 ชุด



- 4.2.22 ภาพขณะทดสอบทำจาก Alumina pan สำหรับการทดสอบแบบ DSC มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.8 mm ความจุ 85 ไมโครลิตร ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุด 1,600 องศาเซลเซียส จำนวน 20 ชิ้น
- 4.2.23 มีโต๊ะสำหรับวางเครื่องวิเคราะห์นี้
- 4.2.24 บริษัทต้องออกหนังสือรับรองการบำรุงรักษาเครื่องหลังจากครบประกัน โดยให้บริการดูแลบำรุงรักษาเครื่องโดยไม่คิดค่าวัสดุสิ้นเปลืองและค่าแรงหรือค่าบริการ ปีละ 1 ครั้ง นาน 2 ปี

#### 4.3 เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในวัสดุคาร์บอน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.3.1 มีเตาเผา (Furnace) สำหรับวิเคราะห์หา CHNS สามารถปรับอุณหภูมิเตาเผาไม่น้อยกว่า 1,100 องศาเซลเซียส
- 4.3.2 ท่อในเตาเผาทำจากวัสดุที่เป็น Quartz หรือคุณสมบัติใกล้เคียงกัน จำนวน 2 อัน
- 4.3.3 มีภาชนะรองรับเถ้าที่เกิดจากการเผาไหม้ ทำจากควอตซ์ หรือวัสดุที่อื่นทนทาน จำนวน 2 อัน
- 4.3.4 มีชุดอุปกรณ์ควบคุมการไหลของก๊าซ (Thermo regulated Electronic Flow Control, EFCT)
- 4.3.5 มี GC คอลัมน์ สำหรับแยกองค์ประกอบก๊าซ ชนิด PTFE ขนาด 2 m, 6x5 mm จำนวน 1 อัน
- 4.3.6 มีตัวตรวจวัดสัญญาณ (Detector) สำหรับธาตุ C H N และ S เป็นชนิด Thermal Conductivity Detector (TCD) ที่บรรจุอยู่ในตู้อบ (Detector Oven)
- 4.3.7 ปริมาณตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์อยู่ในช่วงไม่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม จนถึง 100 มิลลิกรัม ขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณ CHNS ที่อยู่ในตัวอย่าง
- 4.3.8 ใช้เวลาในการวิเคราะห์ CHNS น้อยกว่า 10 นาทีต่อ 1 การวิเคราะห์
- 4.3.9 มีอุปกรณ์ป้อนสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto sampler) สามารถบรรจุตัวอย่างได้ไม่น้อยกว่า 32 ตัวอย่าง และสามารถเพิ่มจำนวนถาดบรรจุตัวอย่างได้
- 4.3.10 สามารถเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องชั่ง เพื่อบันทึกข้อมูลน้ำหนักของตัวอย่างได้โดยอัตโนมัติ
- 4.3.11 เครื่องสามารถควบคุมการทำงานและสั่งงานโดยผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีโปรแกรมในการเก็บข้อมูลและประมวลผล
- 4.3.12 มีโปรแกรมตรวจการรั่วที่เพิ่มขึ้นภายในระบบ (Automatic leak check)
- 4.3.13 มีโปรแกรมตรวจสอบจำนวนการวิเคราะห์ของแต่ละ Reactor สำหรับใช้เป็นข้อมูลในการบำรุงรักษาเครื่อง

- 4.3.14 มีโปรแกรมคำนวณหาค่าต่าง ๆ เช่น
- 1) สามารถคำนวณค่า Heating Value ของเชื้อเพลิง
  - 2) สามารถคำนวณหาสูตรอย่างง่าย (Minimal Formula)
  - 3) สามารถคำนวณหา โปรตีนชนิดต่างๆ (Protein factors)
  - 4) สามารถคำนวณหาอัตราส่วนของ C/N, C/H และ C/S
- 4.3.15 ก๊าซฮีเลียมความบริสุทธิ์ 99.999% พร้อมถังและหัวปรับความดัน จำนวน 1 ชุด
- 4.3.16 ก๊าซออกซิเจนความบริสุทธิ์ 99.999% พร้อมถังและหัวปรับความดัน จำนวน 1ชุด
- 4.3.17 ชุดอุปกรณ์สิ้นเปลืองวิเคราะห์หาปริมาณธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ (CHNS) โดยสามารถวิเคราะห์ได้ไม่น้อยกว่า 1,000 การวิเคราะห์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด ภายในชุดประกอบไปด้วย
- 1) ภาชนะใส่ตัวอย่าง (Tin containers) จำนวนไม่น้อยกว่า 1,000 ชิ้น
  - 2) Pre-Packed Quartz Reactor CHNS (แบบสำเร็จรูป) จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ชิ้น
  - 3) Vanadium pentoxide จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ขวด
- 4.3.18 มีคู่มือการใช้เครื่องเป็นภาษาอังกฤษและภาษาไทย จำนวนอย่างละ 1 ชุด
- 4.3.19 บริษัทต้องออกหนังสือรับรองการบำรุงรักษาเครื่องหลังจากครบประกัน โดยให้บริการดูแลบำรุงรักษาเครื่องโดยไม่คิดค่าวัสดุสิ้นเปลืองและค่าแรงหรือค่าบริการ ปีละ 1 ครั้ง นาน 2 ปี

#### 4.4 เครื่องวิเคราะห์สารด้วยแสงอินฟราเรด จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.4.1 เป็นเครื่องตรวจหาชนิดและปริมาณสารโดยใช้แสงอินฟราเรด (FT-IR) ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แสดงผล เก็บข้อมูล และประมวลผลวิเคราะห์ได้
- 4.4.2 เป็นระบบป้องกันความชื้นแบบ Humidity Shield Optic Guard ป้องกันอันตรายของระบบออปติกจากความชื้นภายนอก
- 4.4.3 แหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรดเป็นชนิด hot-spot stabilization เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.4.4 ช่วงการใช้งานการส่องผ่านของเครื่อง (wavelength range) ไม่น้อยกว่า 8,300 – 350  $\text{cm}^{-1}$  หรือกว้างกว่า
- 4.4.5 ตัวแยกแสง (Beam splitter) มาตรฐานเป็นชนิดโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr)
- 4.4.6 ชุดตรวจวัดแสงอินฟราเรด (Detector) เป็นชนิด Temperature-stabilized DTGS หรือดีกว่า ซึ่งมีความไวในการตรวจวัดสูงและทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายนอก
- 4.4.7 ระบบการสแกน (Interferometer) เป็นแบบ Dynascan Interferometer หรือแบบ Fixed mirror-pair interferometer ซึ่งมีการปรับระบบกระจกเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติ (Automatic alignment)

- 4.4.8 ค่าความละเอียดในการแยกพีค (Spectral Resolution)  $0.5 \text{ cm}^{-1}$  หรือละเอียดกว่า
- 4.4.9 ค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-To-Noise) ไม่น้อยกว่า 50,000:1 peak-peak เมื่อวัดเป็นเวลา 1 นาที
- 4.4.10 การเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างตัวเครื่องกับคอมพิวเตอร์ได้ทั้งแบบ USB และ TCP/IP (LAN)
- 4.4.11 สามารถเช็คค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นภายในเครื่อง (Internal Humidity) และแสดงค่าเป็นตัวเลข (digital) ได้บนซอฟต์แวร์
- 4.4.12 มีโปรแกรม (Software Program) มาพร้อมกับเครื่องพร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้อง โปรแกรมควบคุมการทำงาน มีรายละเอียดดังนี้
  - 4.4.12.1 ควบคุมการทำงานบนระบบ Windows 10 หรือดีกว่า
  - 4.4.12.2 มีฟังก์ชันในการจัดการสเปกตรัม อย่างน้อยดังนี้ Absorbance, % Transmittance, Derivative, Normalization, Difference, Smooth, Arithmetic, ATR correction, peak area/height, Data Tune up, Equations เป็นต้น
  - 4.4.12.3 มีโปรแกรมวิเคราะห์หาปริมาณสารได้ (Quantitative Analysis) ตาม Beer's Laws โดยวัดค่า peak height หรือ peak area และแสดงกราฟมาตรฐานได้ และมีโปรแกรมสำหรับการหาปริมาณ ตามหลักการ Partial Least Square (PLS) หรือ Principle Component Regression (PCR) ได้
  - 4.4.12.4 มีโปรแกรมเปรียบเทียบความเหมือนของสเปกตรัมของสารตัวอย่าง (Compare) กับสารอ้างอิง พร้อมบอกค่าดัชนีความเหมือน (correlation) เป็นตัวเลข โดยสามารถเลือกเปรียบเทียบได้ทั้งแบบ
    - 1) สเปกตรัมต่อสเปกตรัม (single spectrum)
    - 2) สเปกตรัมเทียบกับสเปกตรัมทั้งหมดในไฟล์ที่ต้องการ (Folder)
  - 4.4.12.5 มีโปรแกรม Spectrum search เพื่อค้นหาสเปกตรัมของสารตัวอย่างเทียบกับสเปกตรัมใน Library ได้ โดยแสดงค่า search score และผู้ใช้งานสามารถสร้าง spectrum library ของตัวเองได้ เพิ่มเติมภายหลังได้
  - 4.4.12.6 มีฟังก์ชันการลบพีครบกวนของไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในบรรยากาศโดยอัตโนมัติ (Atmospheric compensation) สามารถลบพีครบกวนดังกล่าวได้ตั้งแต่การทำ background
  - 4.4.12.7 มีฟังก์ชัน ScanAnalyze สำหรับ scan สเปกตรัมพร้อมเปรียบเทียบความเหมือนของสเปกตรัม (Scan and Compare) และ scan สเปกตรัมพร้อมค้นหาสเปกตรัม (Scan and Search) และ scan สเปกตรัมพร้อมวิเคราะห์หาปริมาณ (Scan and Quant) ได้

- 4.4.12.8 มีฟังก์ชัน AVI หรือ Absolute Virtual Instrument standardization เพื่อใช้ในการปรับรูปแบบสเปกตรัม สำหรับการทำให้ Calibration Transfer ได้
- 4.4.12.9 สามารถส่งข้อมูลสเปกตรัม (export) ในรูปแบบ .csv file หรือค่า X,Y ไปยังโปรแกรมอื่นได้
- 4.4.12.10 มีฐานข้อมูลสเปกตรัม (IR-Library) อย่างน้อยดังนี้
  - 1) IR-Library of General Chemicals, monomer, polymer และอื่นๆ ไม่น้อยกว่า 18,000 สเปกตรัม
  - 2) IR-Library of ATR-polymer and polymer additives ไม่น้อยกว่า 4,000 สเปกตรัม
- 4.4.12.11 มีฟังก์ชัน Preview mode สามารถแสดงสเปกตรัมเป็นแบบ real time/ live display ได้
- 4.4.13 สามารถนำโปรแกรมไปลงเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ ได้ไม่จำกัด โดยสามารถทำงานแบบ offline mode ในการจัดการสเปกตรัมหรือทำรายงานผลได้
- 4.4.14 อุปกรณ์เพื่อวัดการสะท้อนแสงของสารชนิด Universal-ATR จำนวน 1 ชุด
- 4.4.15 ชุดวัดตัวอย่างของเหลวแบบส่องผ่าน (Transmission for Liquid sample) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย
  - 1) Demountable cell Holder for liquid cell จำนวน 1 ชุด
  - 2) Pair of Rectangular KBr windows จำนวน 1 ชุด
  - 3) 3) แผ่น spacer 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 มม. อย่างละ 2 ชั้น จำนวน 1 ชุด
- 4.4.16 คู่มือการใช้งาน ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ จำนวนอย่างละ 1 ชุด
- 4.4.17 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 50/60 เฮิรต์
- 4.4.18 บริษัทต้องออกหนังสือรับรองการบำรุงรักษาเครื่องหลังจากครบประกัน โดยให้บริการดูแลบำรุงรักษาเครื่องโดยไม่คิดค่าวัสดุสิ้นเปลืองและค่าแรงหรือค่าบริการ ปีละ 1 ครั้ง นาน 2 ปี

#### 4.5 เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับงานประมวลผล แบบที่ 1 จำนวน 4 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.5.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ได้ไม่น้อยกว่า 6 แกนหลัก (6 core) และ 12 แกนเสมือน (12 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.2 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 4.5.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 4.5.3 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพ โดยมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือดีกว่าดังนี้

- เป็นแผงวงจรเพื่อแสดงภาพแยกจากแผงวงจรหลักที่มีหน่วยความจำ ขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB หรือ
- มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่ภายในหน่วยประมวลผลกลาง แบบ Graphics Processing Unit ที่สามารถใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพ ขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB หรือ
- มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพที่มีความสามารถในการใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB

- 4.5.4 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
- 4.5.5 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB จำนวน 1 หน่วย
- 4.5.6 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.5.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.5.8 มีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 4.5.9 มีจอแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย

#### 4.6 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง จำนวน 4 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.6.1 ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด (Max. Capacity) 220 กรัม
- 4.6.2 สามารถอ่านค่าได้ละเอียด (Readability) 0.0001 กรัม (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
- 4.6.3 มีค่าความถูกต้องเชิงเส้น (Linearity) +/- 0.0002 กรัม
- 4.6.4 มีค่าความแม่นยำจากการอ่านค่าน้ำหนักซ้ำๆ (repeatability STDEV)

#### 4.7 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง จำนวน 3 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.7.1 ชั่งน้ำหนักได้สูงสุด (Max. Capacity) 3,700 กรัม
- 4.7.2 สามารถอ่านค่าได้ละเอียด (Readability) 0.01 กรัม (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)
- 4.7.3 มีค่าความถูกต้องเชิงเส้น (Linearity) +/- 0.02 กรัม
- 4.7.4 ค่าความแม่นยำจากการอ่านค่าน้ำหนักซ้ำๆ (repeatability STDEV) 0.01 กรัม

#### 4.8 เครื่องชั่ง ชนิด Dual range จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.8.1 ความละเอียดในการอ่านไม่น้อยกว่า 0.001 มิลลิกรัม ในการชั่งน้ำหนักช่วง 0-1.2 กรัม
- 4.8.2 ความละเอียดในการอ่านไม่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ในการชั่งน้ำหนักช่วงมากกว่า 1.2 ถึง 3.2 กรัม

#### 4.9 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 3 kVA จำนวน 3 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.9.1 มีกำลังไฟฟ้าขาออก (Output) ไม่น้อยกว่า 3 kVA (2,100 Watts)
- 4.9.2 มีช่วงแรงดันไฟฟ้า Input (VAC) ไม่น้อยกว่า 220
- 4.9.3 มีช่วงแรงดันไฟฟ้า Output (VAC) ไม่มากกว่า 220+/-25%
- 4.9.4 สามารถสำรองไฟฟ้าที่ Full Load ได้ไม่น้อยกว่า 5 นาที

#### 4.10 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 1 kVA จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.10.1 มีกำลังไฟฟ้าขาออก (Output) ไม่น้อยกว่า 1 kVA (600 Watts)
- 4.10.2 สามารถสำรองไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที

#### 4.11 เครื่องพิมพ์เลเซอร์ หรือ LED สี ชนิด Network แบบที่ 1 จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.11.1 มีความละเอียดในการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 600x600 dpi
- 4.11.2 มีความเร็วในการพิมพ์ขาวดำสำหรับกระดาษ A4 ไม่น้อยกว่า 20 หน้าต่อนาที (ppm)
- 4.11.3 มีความเร็วในการพิมพ์สีสำหรับกระดาษ A4 ไม่น้อยกว่า 20 หน้าต่อนาที (ppm)
- 4.11.4 สามารถพิมพ์เอกสารกลับหน้าอัตโนมัติได้
- 4.11.5 มีหน่วยความจำ (Memory) ขนาดไม่น้อยกว่า 256 MB
- 4.11.6 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.11.7 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100 Base-T หรือดีกว่า จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง และสามารถใช้งานผ่านเครือข่ายไร้สาย Wi-Fi (IEEE 802.11b, g, n) ได้
- 4.11.8 มีถาดใส่กระดาษได้รวมกันไม่น้อยกว่า 250 แผ่น
- 4.11.9 สามารถใช้ได้กับ A4, Letter, Legal และสามารถกำหนดขนาดของกระดาษเองได้

#### 4.12 โต๊ะสำหรับวางเครื่องชั่ง จำนวน 1 โต๊ะ มีรายละเอียดดังนี้

- 4.12.1 มีขนาดไม่น้อยกว่า 100 x 50 x 75 เซนติเมตร (กว้างxลึกxสูง)
- 4.12.2 ตัวโต๊ะทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก เคลือบด้วยหินขัด หนาไม่น้อยกว่า 7 เซนติเมตร
- 4.12.3 หน้าที่ะเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก เคลือบด้วยหินขัด ปูด้วยหินแกรนิต
- 4.12.4 มียางรองกันสะเทือน 4 จุด
- 4.12.5 ขาโต๊ะทั้ง 2 ข้าง ยึดด้วยท่อเหล็กชุบซิงค์ พ่นสีกันสนิม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว

### 5. ข้อกำหนดอื่นๆ

ผู้ขายจะต้องทำการติดตั้งครุภัณฑ์และอุปกรณ์ประกอบให้พร้อมใช้งานได้โดยมีประสิทธิภาพ และมีการจัดอบรมการใช้งานอย่างน้อย 1 ครั้ง ไม่น้อยกว่า 40 ชั่วโมง นับตั้งแต่วันส่งมอบเครื่องหรือจนกว่าผู้ซื้อจะใช้งานเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. ผู้เสนอราคาต้องจัดทำตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยฯ กำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาโดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดหรือดีกว่า ทั้งนี้ผู้เสนอราคาจะต้องทำเครื่องหมายหรือระบุส่วนข้อกำหนดแสดงลงในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน และยื่นเอกสารดังกล่าวมาในวันเสนอราคาด้วย
7. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ \_\_\_\_\_ 120 \_\_\_\_\_ วัน
8. ระยะเวลารับประกัน \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_ ปี
9. สถานที่ส่งมอบครุภัณฑ์ อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเคมี ห้อง ChE 208

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชา เพ็ชรรัมย์)  
ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รินลดา สิริแสงสว่าง)  
ตำแหน่ง หัวหน้าธุรการภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยยนต์ ไชยยะ)  
ตำแหน่ง รองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมีและวัสดุ

ลงชื่อ \_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีดิ์)  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์