

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. **ซื้อครุภัณฑ์** ชุดเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบคุณภาพวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิลสำหรับรองรับระบบปีซีจีรูปแบบเศรษฐกิจหมุนเวียน
2. **จำนวนที่ต้องการ** 1 ชุด
3. **รายละเอียดทั่วไป**

ชุดเครื่องมือทดสอบและตรวจสอบคุณภาพวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิลสำหรับรองรับระบบปีซีจีรูปแบบเศรษฐกิจหมุนเวียน จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

  - 3.1 เครื่องตรวจสอบรอยร้าวและข้อบกพร่องของวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิลด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก จำนวน 1 เครื่อง
  - 3.2 ชุดทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิลแบบบอเนกประสงค์ขนาดไม่น้อยกว่า 50 กิโลนิวตัน จำนวน 1 ชุด
  - 3.3 ชุดกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะสำหรับตรวจสอบคุณภาพวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิล จำนวน 1 ชุด
4. **รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ**
  - 4.1 เครื่องตรวจสอบรอยร้าวและข้อบกพร่องของวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิลด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้
    - 4.1.1 เป็นเครื่องตรวจสอบรอยร้าวแบบไม่ทำลายด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก
    - 4.1.2 จอภาพมีขนาดไม่น้อยกว่า 7 inch ความละเอียด 1,024 x 600 pixels Touch screen or keys (left or right hand operation) หรือดีกว่า
    - 4.1.3 ช่วงความถี่ใช้งานสามารถเลือกได้ ไม่น้อยกว่า 0.2 MHz – 30 MHz
    - 4.1.4 ระยะตรวจสอบในเหล็กอยู่ในช่วง 0 - 15,000 มม. (Steel) หรือดีกว่า
    - 4.1.5 ความแรงของสัญญาณ (Dynamic range) มีค่าสูง 110 dB หรือดีกว่า
    - 4.1.6 สามารถเลื่อนกลุ่มสัญญาณ (Delay) ในเหล็กได้ตั้งแต่ -10  $\mu$ s ถึง 3500  $\mu$ s. หรือดีกว่า
    - 4.1.7 ค่าความถี่ของสัญญาณที่สร้างขึ้น (Pulse repetition frequencies) อยู่ในช่วง 10 - 2000 Hz
    - 4.1.8 มีฟังก์ชัน Digitization frequency with processing ได้ 400 MHz หรือดีกว่า
    - 4.1.9 มีฟังก์ชัน Measurement procedures ได้แก่ TCG, DAC, DGS, AWS, API หรือดีกว่า
    - 4.1.10 มีฟังก์ชัน Receiver Maximum input voltage ไม่เกิน 40Vpp
    - 4.1.11 การเก็บข้อมูล Data Storage Internal ได้ไม่น้อยกว่า 32 GB
    - 4.1.12 มีฟังก์ชัน IF Gate/3rd gate (one can be used as interface gate)
    - 4.1.13 มีหน่วยวัดได้อย่างน้อย 2 แบบ คือ มม. และ นิ้ว
    - 4.1.14 มีช่องสัญญาณต่อออกแบบ USB 2.0 และ USB 3.0
    - 4.1.15 ผ่านมาตรฐาน Compliance to UT Standard : ISO 22232-1 หรือดีกว่า
    - 4.1.16 ผ่านมาตรฐานการทดสอบใช้งานป้องกันฝุ่นและน้ำ IP 67 หรือดีกว่า
    - 4.1.17 ผ่านมาตรฐานทดสอบแรงตกกระแทก Shock : IEC 60068-2-27 หรือดีกว่า

- 4.1.18 ผ่านมาตรฐานทดสอบแรงสั่นสะเทือน Vibration : IEC 60068-2-6 หรือดีกว่า
- 4.1.19 ผ่านมาตรฐาน EMC : EM 61326-1, EN 55011 หรือดีกว่า
- 4.1.20 มีชุดแบตเตอรี่ Li-ion การใช้งานของแบตเตอรี่ ได้ไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง
- 4.1.21 น้ำหนักเครื่องพร้อมแบตเตอรี่ไม่เกิน 2 กิโลกรัม
- 4.1.22 น้ำยาในการตรวจสอบ (Couplant) เป็นเจลที่มีประสิทธิภาพสูง เหมาะกับงานอุตสาหกรรม สามารถใช้ในการตรวจสอบรอยบกพร่องด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิกทุกประเภท โดยสามารถวัดได้ 2 พังก์ชั่น คือวัดความหนาและรอยบกพร่อง และยังมีประสิทธิภาพในการทนต่อการกัดกร่อนสนิมได้ถึง 90 รวมทั้งทนอุณหภูมิได้ ตั้งแต่ -23 ถึง 99 องศา เป็นไปตามมาตรฐานข้อกำหนด ASTM F519 , API , AWS , ASME , ASTM F945 or PWA 36604 , MCL E205 , ASTM F945
- 4.1.23 มีฟังก์ชัน Damping ซึ่งสามารถเลือกได้ คือ 50  $\Omega$  และ 400  $\Omega$
- 4.1.24 ชุดเอกสารทางเทคนิคการตรวจสอบอัลตราโซนิก ประกอบด้วย
- 4.1.24.1 USB Drive ความรู้สำหรับการเรียนการสอนด้วยคลื่นเสียงอัลตราโซนิก (Ultrasonic Testing Handbook) โดยมีเนื้อหาน้อยๆดังนี้ Introduction to Ultrasonic Testing, Ultrasonic Wave Propagation, Generation and Detection of Ultrasound, Ultrasonic Signal Processing, Instrumentation for Ultrasonic Testing, Ultrasonic Pulse Echo Contact Techniques, Ultrasonic Scanning
- 4.1.24.2 หนังสือการตรวจสอบรอยบกพร่องสำหรับช่างเทคนิค (Ultrasonic Flaw Detection for Technicians)
- 4.1.24.3 หนังสือคู่มือความรู้พื้นฐานการตรวจสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (The Practical Guide To Ultrasonic Testing)
- 4.1.24.4 แผนภูมิภาพความรู้พื้นฐานการตรวจสอบด้วยคลื่นอัลตราโซนิก ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ Basic Principle, Wave Modes and Wave Propagation, Ultrasonic Pulses, Sound Field, Flaw Evaluation with DGS, Echo Evaluation with DAC
- 4.1.25 อุปกรณ์ประกอบการใช้งาน จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย
- 4.1.25.1 แบตเตอรี่ชนิด Li-ion 1 ชุด
- 4.1.25.2 อุปกรณ์ชาร์จแบตเตอรี่ 1 ชุด
- 4.1.25.3 กระเป๋าสําหรับใส่เครื่องตรวจสอบชนิดหัว 1 ชิ้น
- 4.1.25.4 หัวตรงชนิด Contact standard ความถี่ 5 MHz, 1 ชุด
- 4.1.25.5 หัวมุม 45° ชนิด Integrated plastic wedge ขนาด 8x9 มม., 1 ชุด  
ความถี่ 4 MHz, ระยะตรวจสอบ 3-4,600 มม., Bandwidth ไม่น้อยกว่า 40%
- 4.1.25.6 หัวมุม 60° ชนิด Integrated plastic wedge ขนาด 8x9 มม., 1 ชุด  
ความถี่ 4 MHz, ระยะตรวจสอบ 3-4,600 มม., Bandwidth ไม่น้อยกว่า 40%
- 4.1.25.7 หัวตรวจสอบชนิด Delay 15 MHz 1 ชุด
- 4.1.25.8 หัวตรวจสอบชนิด 1-T/R straight beam 2 MHz 1 ชุด

4.1.25.9	สายเคเบิล สำหรับหัวตรวจสอบชนิดหัวมุม	1 เส้น
4.1.25.10	สายเคเบิล สำหรับหัวตรวจสอบชนิดหัวตรง	1 เส้น
4.1.25.11	ชิ้นงานมาตรฐาน Ultrasonic calibration block No.1	1 ชิ้น
4.1.25.12	ชิ้นงานมาตรฐาน Ultrasonic calibration block No.2	1 ชิ้น
4.1.25.13	น้ำยาในการตรวจสอบ (Couplant) ตามคุณลักษณะข้อ 4.1.1.21	1 แกลลอน

4.2 ชุดทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิลแบบบอเนกประสงค์ขนาดไม่น้อยกว่า 50 กิโลนิวตัน จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุแบบบอเนกประสงค์ขนาดไม่น้อยกว่า 50 กิโลนิวตัน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1.1 เป็นเครื่องทดสอบแบบตั้งโต๊ะหรือดีกว่า โครงสร้างของเครื่องเป็นแบบ 2 เสา โดยแต่ละด้านประกอบด้วย Ball Screw Column พร้อมชุด Guide Column สามารถทดสอบแรงได้สูงสุด 50 กิโลนิวตัน (5,000 กิโลกรัม)

4.2.1.2 มีระบบขับเคลื่อน (Loading Method) ด้วยระบบชนิด AC Servomotor Drive

4.2.1.3 สามารถปรับตั้งความเร็วในการเคลื่อนที่ของคานทดสอบ (Crosshead) ได้สูงสุด 0.0005 – 1,500 มิลลิเมตร/นาที ที่ทุกช่วงแรง

4.2.1.4 มีความเร็วในการเคลื่อนที่กลับเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ (Return Speed) ได้สูงสุด 2,000 มิลลิเมตร/นาที

4.2.1.5 มีค่าความแม่นยำของความเร็วในการเคลื่อนที่ของคานทดสอบไม่มากกว่า  $\pm 0.1\%$  (Crosshead Speed Accuracy)

4.2.1.6 มีค่าความแม่นยำของตำแหน่งของคานทดสอบไม่มากกว่า  $\pm 0.05\%$  ของค่าที่แสดง (Crosshead Positional Accuracy) โดยที่ระยะน้อยกว่า 20 มิลลิเมตร มีค่าความแม่นยำของตำแหน่งของคานทดสอบไม่มากกว่า  $\pm 0.01$  มิลลิเมตร

4.2.1.7 มีความละเอียดในการควบคุมตำแหน่งของคานทดสอบ (Crosshead Position Control Resolution) 8.33 นาโนเมตร

4.2.1.8 มีระยะการเคลื่อนที่ของคานทดสอบสูงสุด 1,150 มิลลิเมตร (Crosshead-table Clearance) และมีระยะในการดึงทดสอบ (Tensile Stroke) ไม่น้อยกว่า 690 มิลลิเมตร ซึ่งไม่รวมอุปกรณ์ จับยึดชิ้นงาน

4.2.1.9 มีระยะห่างระหว่างเสา (Effective Test Width) ที่รองรับชิ้นงานในด้านกว้างได้ 500 มิลลิเมตร

4.2.1.10 สามารถเก็บข้อมูลในการทดสอบได้ด้วยความเร็ว (Data Sampling Rate) สูงสุด 10 kHz

4.2.1.11 มีความแข็งแรงของโครงเครื่อง (Frame Rigidity) 180 กิโลนิวตัน/มิลลิเมตร

4.2.1.12 มีระบบป้องกันชิ้นงานทดสอบเสียหาย (Test Piece Protection) โดยสามารถกำหนดค่าแรงสูงสุดที่จะกระทำต่อชิ้นงานทดสอบ ในระหว่างเตรียมการทดสอบหรือก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบ

- 4.2.1.13 มีระบบประหยัดพลังงานระหว่างรอทดสอบ (Standby Power Savings)
- 4.2.1.14 สามารถเพิ่มช่องรับสัญญาณจากอุปกรณ์ต่อพ่วงได้สูงสุด 20 ช่องสัญญาณ
- 4.2.1.15 มีชุดปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency stop switch) เพื่อสามารถหยุดการทำงานของเครื่องได้สะดวกและปลอดภัย
- 4.2.1.16 มีระบบ Overload Detection Function ด้วย Stroke Limit Switch ที่ตัวเครื่องสามารถปรับตั้งล็อกตำแหน่งของคานทดสอบ เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่เกินตำแหน่งที่กำหนดไว้
- 4.2.1.17 มีชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของคานทดสอบ (Crosshead) แบบ Touch-Panel LCD Smart Controller ใช้ปรับตำแหน่งของคานทดสอบ และสามารถแสดงผลค่าแรง (Force) ระยะเคลื่อนที่ (Stroke) และตำแหน่งการเคลื่อนที่ (Position) ได้แบบ Real time
- 4.2.1.18 ซอฟต์แวร์ TrapeziumX-V เพื่อใช้สำหรับการควบคุมการทดสอบ และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้
- 1) สามารถสร้างระบบการป้องกันข้อมูล (Protect test data) หรือสร้าง password ได้
  - 2) สามารถเลือกหน่วยในการแสดงค่าได้ไม่น้อยกว่า 3 ระบบ ได้แก่ เมตริก, อังกฤษ และ เอส.ไอ.ยู.นิต
  - 3) สามารถเพิ่มเติม ซอฟต์แวร์ในการควบคุมและประมวลผลเพิ่มเติมได้ ถ้าต้องการอาทิ Cycle Software, Control Software และ Texture Software
  - 4) สามารถควบคุมการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ อาทิ ทดสอบแรงดึง (Tension), แรงอัด (Compression), แรงดัดงอ (Bending) ได้
  - 5) สามารถแสดงค่าของผลการทดสอบต่าง ๆ ได้ดังนี้ Elastic, Yield, Break, Max, Static Values (Average, Std. Deviation, Max, Mian, Range, Median, Variation, 3Sigma)
  - 6) สามารถแสดงค่าการยึดตัวที่แรงขนาดต่าง ๆ (EASL) ได้ 10 จุด
  - 7) สามารถแสดงค่าแรงที่การยึดตัว ณ จุดต่าง ๆ (LASE) ได้ 10 จุด
  - 8) สามารถสร้างสูตรการคำนวณเพิ่มเติมได้ตามต้องการ
  - 9) สามารถแสดงผลในรูปของกราฟได้ในขณะทำการทดสอบ โดยเลือกกำหนดค่าของแกนได้ อาทิ Force, Stress, Stroke, Strain และ Time เป็นต้น
  - 10) สามารถนำข้อมูลผลการทดสอบเก็บบันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Office ได้ อาทิ Microsoft Word, Microsoft Excel เป็นต้น
- 4.2.1.19 ชุดอุปกรณ์ประกอบการใช้งาน จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย
- 1) Load cell ขนาด 50 กิโลนิวตัน จำนวน 1 ชุด
    - สามารถวัดแรงได้ทั้งแรงดึงและแรงกดในตัวเดียวกัน โดยสามารถทดสอบช่วงแรงได้ตั้งแต่ 100 N – 50 kN โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน + 1.0% ของค่าที่อ่านได้ตลอด

ช่วงตามมาตรฐาน ISO 7500-1 Class 1.0 พร้อมระบบ Calibration และ Balance Load แบบอัตโนมัติในตัว (E-Calibration)

2) Load cell ขนาด 10 กิโลนิวตัน จำนวน 1 ชุด

- สามารถวัดแรงได้ทั้งแรงดึงและแรงกดในตัวเดียวกัน โดยสามารถทดสอบช่วงแรงได้ตั้งแต่ 20 N – 10 kN โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน + 1.0% ของค่าที่อ่านได้ ตลอดช่วงตามมาตรฐาน ISO 7500-1 Class 1.0 พร้อมระบบ Calibration และ Balance Load แบบอัตโนมัติในตัว (E-Calibration)

3) Load cell ขนาด 1 กิโลนิวตัน จำนวน 1 ชุด

- สามารถวัดแรงได้ทั้งแรงดึงและแรงกดในตัวเดียวกัน โดยสามารถทดสอบช่วงแรงได้ตั้งแต่ 2 N – 1 kN โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน + 1.0% ของค่าที่อ่านได้ ตลอดช่วงตามมาตรฐาน ISO 7500-1 Class 1.0 พร้อมระบบ Calibration และ Balance Load แบบอัตโนมัติในตัว (E-Calibration)

4) อุปกรณ์ทดสอบแรงดึงแบบ Non-Shift Wedge Type Grips จำนวน 1 ชุด

- สามารถจับทดสอบแรงดึงสูงสุดได้ 50 กิโลนิวตัน พร้อมชุดปากจับขึ้นงานแบนที่มีความหนาตั้งแต่ 0-7 มิลลิเมตร และความกว้างสูงสุด 40 มิลลิเมตร

5) อุปกรณ์ทดสอบแรงดึงแบบ Non-Shift Wedge Type Grip จำนวน 1 ชุด

- สามารถจับทดสอบแรงดึงสูงสุดได้ 10 กิโลนิวตัน พร้อมชุดปากจับขึ้นงานแบนที่มีความหนาตั้งแต่ 0-7 มิลลิเมตร และความกว้างสูงสุด 25 มิลลิเมตร

6) อุปกรณ์ทดสอบแรงดึงแบบ Screw Type Flat Grip จำนวน 1 ชุด

- สามารถจับทดสอบแรงดึงสูงสุดได้ 1 กิโลนิวตัน พร้อมชุดปากจับขึ้นงานแบนที่มีความหนาตั้งแต่ 0-15 มิลลิเมตร

7) อุปกรณ์ทดสอบแรงกด (Compression Test) จำนวน 1 ชุด

- สามารถทดสอบแรงกดสูงสุดได้ 50 กิโลนิวตัน ประกอบไปด้วยแผ่นกดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น บน-ล่าง

8) อุปกรณ์ทดสอบแรงกดแบบดัดโค้ง (Three Point Bending Test) สำหรับขึ้นงานพลาสติกสามารถทดสอบแรงสูงสุดได้ 10 กิโลนิวตัน จำนวน 1 ชุด

9) อุปกรณ์ติดตามการยืดตัวของวัสดุ (Extensometer) สามารถใช้วัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือขนาด ของวัสดุเมื่อถูกแรงกระทำได้ (Strain) +100%/-10% และมีความยาวเกจ (Gauge length) บนขึ้นงานทดสอบได้ 50 มิลลิเมตร

4.2.2 เครื่องคอมพิวเตอร์ สำหรับสำนักงาน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.2.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่มีแกนหลักรวมกันไม่น้อยกว่า 4 แกนหลัก (4 core) และแกนเสมือนรวมกันไม่น้อยกว่า 8 แกนเสมือน (8 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่ม สัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.4 GHz จำนวน 1 หน่วย

- 4.2.2.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 12 MB
- 4.2.2.3 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR5 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 16 GB
- 4.2.2.4 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูลชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 500 GB จำนวน 1 หน่วย
- 4.2.2.5 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.2.2.6 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.2.2.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.2.2.8 มีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 4.2.2.9 มีจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 23 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย
- 4.2.3 เครื่องพิมพ์ผลแบบเลเซอร์ ขาว-ดำ จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้
  - 4.2.3.1 มีความละเอียดในการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 600x600 dpi
  - 4.2.3.2 มีความเร็วในการพิมพ์สำหรับกระดาษ A4 ไม่น้อยกว่า 18 หน้าต่อนาที (ppm)
  - 4.2.3.3 มีหน่วยความจำ (Memory) ขนาดไม่น้อยกว่า 32 MB
  - 4.2.3.4 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
  - 4.2.3.5 มีถาดใส่กระดาษได้รวมกันไม่น้อยกว่า 150 แผ่น
  - 4.2.3.6 สามารถใช้ได้กับ A4, Letter, Legal และสามารถกำหนดขนาดของกระดาษเองได้
- 4.2.4 เครื่องสำรองไฟ ขนาด 1 kVA จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้
  - 4.2.4.1 มีกำลังไฟฟ้าขาออก (Output) ไม่น้อยกว่า 1 kVA
  - 4.2.4.2 สามารถสำรองไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที
- 4.2.5 โต๊ะสำหรับวางชุดคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ จำนวน 1 ตัว มีรายละเอียด ดังนี้
  - 4.2.5.1 ขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 60 ซม. ยาวไม่น้อยกว่า 120 ซม. สูงไม่น้อยกว่า 75 ซม.
  - 4.2.5.2 ผิวหน้าโต๊ะ ทำจากไม้ปาติเกิลบอร์ด ความหนาไม่น้อยกว่า 15 มม. เคลือบผิวด้วยเมลามีน
  - 4.2.5.3 โครงขาเป็นเหล็ก หนา 1 มิล เป็นอย่างน้อย
- 4.2.6 เก้าอี้สำนักงานแบบมีพนักพิง จำนวน 1 ตัว รายละเอียดคุณลักษณะ ดังนี้
  - 4.2.6.1 ขนาดความกว้างของเก้าอี้ไม่น้อยกว่า 50 ซม. ลึกไม่น้อยกว่า 55 ซม. สูงไม่น้อยกว่า 90 ซม.
  - 4.2.6.2 เก้าอี้สำนักงานแบบมีพนักพิง บุด้วยฟองน้ำหรือดีกว่า
  - 4.2.6.3 ขาเก้าอี้ทำจากเหล็ก 5 แฉกชุบโครเมียม หรือดีกว่า
  - 4.2.6.4 สามารถปรับระดับขึ้นลงได้
  - 4.2.6.5 รองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 90 กิโลกรัม
- 4.3 ชุดกล่องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์แบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะสำหรับตรวจสอบคุณภาพวัสดุคอมโพสิตรีไซเคิล จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
  - 4.3.1 กล่องจุลทรรศน์อิเล็กทรอนิกส์แบบส่องกราดชนิดตั้งโต๊ะ จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

- 4.3.1.1 สามารถปรับกำลังขยายของภาพออปติค (optical) ได้ไม่น้อยกว่าสองกำลังขยายตั้งแต่ 2 และ 12เท่าและสามารถปรับซูมดิจิทัลได้ถึง 60 เท่า (digital zoom)
- 4.3.1.2 สามารถปรับกำลังขยายสูงสุดของภาพอิเล็กทรอนิกส์ (Electron optical magnification range) ได้ในช่วงไม่น้อยกว่า 100 ถึง 200,000 เท่า หรือกว้างกว่า
- 4.3.1.3 มีความสามารถในการแจกแจงรายละเอียด (Resolution) ได้ไม่ต่ำกว่า 8 นาโนเมตร
- 4.3.1.4 สามารถปรับความต่างศักย์ (Acceleration voltage) ได้ไม่น้อยกว่า 1, 2, 5, 7, 10, 15 และ 20 kV
- 4.3.1.5 แหล่งกำเนิดแสง (Illumination) ประกอบด้วยคุณลักษณะดังนี้
- 1) แหล่งกำเนิดอิเล็กทรอนิกส์ (Electron optical) เป็นชนิด Optimized thermionic source (tungsten) มีอายุการใช้งานไม่น้อยกว่า 400 ชั่วโมงในโหมดประหยัด Lifetime: 400+ operating hours in ECO-mode
  - 2) แหล่งกำเนิดภาพแบบออปติค (Light Optical Navigation Camera) สามารถแสดงภาพ สี ได้
- 4.3.1.6 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณภาพ (Detector) ประกอบด้วยคุณลักษณะดังนี้
- 1) ตัวตรวจจับสัญญาณเพื่อแสดงภาพ แบบ Electron optical เป็นชนิด Backscattered electron detector แบบ 4 quadrant
  - 2) ตัวตรวจจับสัญญาณเพื่อแสดงภาพ แบบ Electron optical เป็นชนิด Secondary electron detector
- 4.3.1.7 สามารถผสมสัญญาณ (Mixed mode BSE & SE images) ได้ในภาพเดียวกัน (overlaid)
- 4.3.1.8 สามารถแสดงสัญญาณภาพ SE กับ BSE ได้พร้อมกัน compared side by side
- 4.3.1.9 สามารถบันทึกภาพได้อย่างน้อยในรูปแบบ JPEG, TIFF, PNG และ BMP หรือมากกว่า
- 4.3.1.10 มีอลูมิเนียมสตัปสำหรับใส่ตัวอย่าง (Al stub) ขนาดไม่น้อยกว่า 12.5 mm จำนวน 50 ชิ้น
- 4.3.1.11 มีอลูมิเนียมสตัปสำหรับใส่ตัวอย่าง (Al stub) ขนาดไม่น้อยกว่า 25 mm จำนวน 50 ชิ้น
- 4.3.1.12 ชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (EDS) มีรายละเอียด ดังนี้
- 1) ตัวตรวจวัดสัญญาณเป็นแบบ SDD (Silicon Drift Detector)
  - 2) ทำความเย็นชนิดไม่ต้องใช้น้ำไนโตรเจนเหลว (thermo-electrically cooled)
  - 3) มีขนาดพื้นที่รับสัญญาณ 30 ตารางมิลลิเมตร
  - 4) มีความสามารถในการแจกแจงรายละเอียด Mn K-alpha น้อยกว่า 132eV
  - 5) ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ธาตุที่ติดตั้งมากับกล่องพร้อมใช้งาน บนซอฟต์แวร์เดียวกันกับกล่องSEM
  - 6) ซอฟต์แวร์วิเคราะห์แบบจุด Point analysis
  - 7) ซอฟต์แวร์สามารถทำ Line analysis และ Mapping ได้
  - 8) ซอฟต์แวร์สามารถทำรายงานผลการวิเคราะห์ธาตุได้ในรูปแบบไฟล์ Docx ได้
- 4.3.1.13 ห้องใส่ตัวอย่าง (Sample stage) ประกอบด้วยคุณลักษณะดังนี้

- 1) สามารถควบคุมการเลื่อนตำแหน่งของตัวอย่างในแนวแกน X และ แกน Y โดยควบคุมจากคอมพิวเตอร์ด้วยระบบมอเตอร์ (Computer-controlled motorized X and Y) หรือดีกว่า
- 2) สามารถเลื่อนตำแหน่งชิ้นงานได้ในระยะ  $X=25\text{mm}$ ,  $Y = 25\text{mm}$ .
- 3) สามารถปรับเอียงแท่นวางชิ้นงาน ได้จากหน้าเครื่องขณะสแกนภาพ โดยไม่ต้องนำตัวอย่างออกมา สามารถปรับการเอียงได้แบบที่รักษาตำแหน่งภาพเดิมไว้ทุกองศาการเอียง Eucentric tilt stage ( $+15^\circ$  up to  $-40^\circ$ ) manual
- 4) สามารถใส่ชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ใหญ่สุด 45 มิลลิเมตร ยังสามารถเอียงได้ (max  $+15^\circ$  to  $-15^\circ$  tilt)
- 5) สามารถใส่ชิ้นงานที่มีความสูงได้ถึง 14 มิลลิเมตร

#### 4.3.2 ปั๊มสุญญากาศ จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

- 4.3.2.1 เป็นปั๊มสุญญากาศ (oil free membrane pre- vacuum pump)
- 4.3.2.2 ในตัวเครื่องมี ปั๊มสุญญากาศชนิด Turbo molecular pump หรือดีกว่า
- 4.3.2.3 มีโหมด High vacuum หรือดีกว่า
- 4.3.2.4 มีโหมด Low vacuum สำหรับลดประจุขาร์จ reduced charging
- 4.3.2.5 สามารถปรับค่าสุญญากาศได้ทางโปรแกรมการใช้งานเครื่อง Motor controlled vacuum levels via the User Interface

#### 4.3.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ชนิด All-in-one สำหรับสำนักงาน จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

- 4.3.3.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่มีแกนหลักรวมกันไม่น้อยกว่า 6 แกนหลัก (6 core) และแกนเสมือนรวมกันไม่น้อยกว่า 6 แกนเสมือน (6 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.3 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 4.3.3.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level)เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 12 MB
- 4.3.3.3 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR5 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
- 4.3.3.4 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูลชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 500 GB จำนวน 1 หน่วย
- 4.3.3.5 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่าจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.3.3.6 มีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 4.3.3.7 มีจอแสดงผลในตัว และมีขนาดไม่น้อยกว่า 23 นิ้ว ความละเอียดแบบ FHD (1920x1080)
- 4.3.3.8 สามารถใช้งานได้ไม่น้อยกว่า Wi-Fi (IEEE 802.11 ax) และ Bluetooth
- 4.3.3.9 ลงโปรแกรมการใช้งานเครื่อง SEM และ EDS ในเครื่องและซอฟต์แวร์เดียวกัน

#### 4.3.4 เครื่องฉาบผิวตัวอย่างด้วยโลหะ จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

- 4.3.4.1 เป็นเทคนิคการฉาบแบบ Sputter Coater ด้วยโลหะชนิดทอง

- 4.3.4.2 มีห้องสำหรับวางตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า
- 4.3.4.3 สามารถเลือกปรับค่ากระแสในการฉาบ (Sputter supply) ได้ 10, 20, 30 หรือ 40 มิลลิแอมป์
- 4.3.4.4 สามารถตั้งเวลาในการฉาบได้ในช่วง 5- 300 วินาที หรือกว้างกว่า
- 4.3.4.5 มีปั๊มสุญญากาศชนิด High Speed แบบ direct drive 2-stage
- 4.3.4.6 มีแก๊สอาร์กอนเกรด 99.9% พร้อมมาตรวัดแรงดันและถังบรรจุน้ำหนัก 6 กิโลกรัม เป็นอย่างน้อย จำนวน 1 ชุด
- 4.3.5 เครื่องสำรองไฟ ขนาด 3 kVA จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้
  - 4.3.5.1 มีกำลังไฟฟ้าขาออก (Output) ไม่น้อยกว่า 3 kVA (2,700 Watts)
  - 4.3.5.2 มีช่วงแรงดันไฟฟ้า Input (VAC) ไม่น้อยกว่า 220+/-25%
  - 4.3.5.3 มีช่วงแรงดันไฟฟ้า Output (VAC) ไม่มากกว่า 220+/-5%
  - 4.3.5.4 สามารถสำรองไฟฟ้าที่ Full Load ได้ไม่น้อยกว่า 4 นาที
- 4.3.6 โตะ จำนวน 1 ตัว มีรายละเอียด ดังนี้
  - 4.3.6.1 โตะความกว้างไม่น้อยกว่า 75 cm. ยาวไม่น้อยกว่า 75 cm. สูงไม่น้อยกว่า 75 cm.
  - 4.3.6.2 ท็อปโตะทำจากหินแกรนิต ความหนาไม่น้อยกว่า 5 cm.
  - 4.3.6.3 โครงขาทำจากเหล็กหรือดีกว่า
  - 4.3.6.4 มียางรองระหว่างท็อปโตะและโครงโตะเพื่อช่วยซับแรงสั่นสะเทือน
- 4.3.7 เก้าอี้แบบมีพนักพิง จำนวน 1 ตัว มีรายละเอียด ดังนี้
  - 4.3.7.1 เก้าอี้แบบมีล้อเลื่อน
  - 4.3.7.2 พนักพิงและที่นั่งขึ้นโครงด้วยไม้บุฟองน้ำ หุ้มหนังสังเคราะห์
  - 4.3.7.3 พนักพิงสูงรองรับช่วงลำคอและศีรษะ ปรับการเอนได้
  - 4.3.7.4 ที่นั่งเพิ่มพ็อกเก็ตสปริงช่วยกระจายน้ำหนักได้ดี
  - 4.3.7.5 ขาเก้าอี้ทำจากไนลอนขึ้นรูป ล้อไนลอนคู่ขนาดไม่น้อยกว่า 2.5 นิ้ว
  - 4.3.7.6 สามารถหมุนเก้าอี้ได้รอบตัว
  - 4.3.7.7 ปรับความยืดหยุ่นของพนักพิงได้ด้วยลูกบิดที่ที่นั่ง
  - 4.3.7.8 สามารถปรับระดับเก้าอี้

## 5. ข้อกำหนดอื่น ๆ

- 5.1 ต้องเป็นของใหม่ไม่เคยใช้งานมาก่อน
- 5.2 มีเอกสารคู่มือการใช้งาน ภาษาไทยหรืออังกฤษ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 5.3 มีการฝึกอบรม และสาธิตการใช้งานตามคู่มือ หรือเอกสารการเรียนรู้ให้กับบุคลากรที่เกี่ยวข้องจนสามารถใช้งานได้ และไม่น้อยกว่า 2 วัน
- 5.4 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยยื่นเสนอเอกสารดังกล่าวมาพร้อมกับการยื่นข้อเสนอที่ยื่นผ่านทางระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประโยชน์ในการซ่อมบำรุง และการให้บริการหลังการขาย

6. ผู้เสนอราคาต้องจัดทำตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยฯ กำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาโดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดหรือดีกว่า ทั้งนี้ผู้เสนอราคาจะต้องทำเครื่องหมายหรือระบุส่วนข้อกำหนดแสดงลงในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน และยื่นเอกสารดังกล่าวมาในวันเสนอราคาด้วย

7. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 150 วัน

8. ระยะเวลารับประกัน 1 ปี

9. สถานที่ส่งมอบครุภัณฑ์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภเอก ประมุขมาก)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาวหน้า จงวัฒนารักษ์)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ดร.พลภัทร ทิพย์บุญศรี)  
ตำแหน่ง อาจารย์

ลงชื่อ \_\_\_\_\_  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย ต่อสกุล)  
ตำแหน่ง คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์