

## กำหนดรายละเอียด ชุดทดสอบมาตรฐานการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ประจำปีงบประมาณ 2566

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

\*\*\*\*\*

1. รายการจัดซื้อ ชุดทดสอบมาตรฐานการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จำนวน 1 ชุด
2. กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

คุณลักษณะทั่วไป

ชุดทดสอบมาตรฐานการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประกอบไปด้วย

1. เครื่องวัดรายละเอียดพื้นผิวของชิ้นงาน (stylus profiler)

คุณสมบัติทั่วไป

เครื่องวัดรายละเอียดพื้นผิวของชิ้นงาน(stylus profiler) เป็นเครื่องวัดที่ใช้หัว stylus ในการวิเคราะห์รายละเอียดบนพื้นผิวชิ้นงาน เช่น ความสูงต่ำของพื้นผิวชิ้นงาน (step height), ความหยาบของพื้นผิวชิ้นงาน (roughness) และสามารถทำการประมวลผลได้แบบสามมิติ (3D analysis) และใช้ในการวิเคราะห์ความเครียด (Stress analysis) ของชิ้นงานประเภทฟิล์มบางที่ได้รับแรงดึง และแรงกด (tensile and compressive thin film)

2. เครื่อง Tribometer

คุณสมบัติทั่วไป

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการเสียดสีของผิววัสดุแบบเอนกประสงค์ชนิดตั้งโต๊ะ ถูกออกแบบมาเพื่อรองรับการทดสอบหลายรูปแบบ เช่น การทดสอบแบบหมุน (Rotary Drive) และการเคลื่อนที่แบบการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Linear drive) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการทำงานเพื่อวิเคราะห์รอยขีดข่วน (Scratch) ของวัสดุได้แก่ ฟิล์มบาง, วัสดุโพลีเมอร์ และชิ้นงานเคลือบผิว เป็นต้น

คุณลักษณะเฉพาะ

ชุดทดสอบมาตรฐานการเคลือบผิวผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ประกอบไปด้วย

1. เครื่องวัดรายละเอียดพื้นผิวของชิ้นงาน (stylus profiler)

องค์ประกอบเครื่องมีคุณลักษณะดังนี้

1. แท่นวางตัวอย่าง

- 1.1 แท่นวางตัวอย่างครอบคลุมเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร

- 1.2 สามารถรองรับระบบสุญญากาศ และหัวตัวหนีบ wafer alignment เพื่อช่วยในการยึดจับชิ้นงานได้

- 1.3 สามารถรองรับชิ้นงานที่มีความหนาสูงสุด 50 มิลลิเมตร
- 1.4 แท่นวางตัวอย่างสามารถเคลื่อนที่ในแนวแกน X-Y แบบอัตโนมัติ ซึ่งถูกควบคุมด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และมอเตอร์ (motorized/ programmable) โดยระยะทางเคลื่อนที่ในแกน X และ Y สูงสุด 150 มิลลิเมตร (ด้านละ 75 มิลลิเมตร จากจุดศูนย์กลางของแท่นวาง)
- 1.5 แท่นวางตัวอย่างสามารถหมุนได้ 360 องศา อย่างต่อเนื่อง แบบอัตโนมัติ ซึ่งถูกควบคุมด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และมอเตอร์ (motorized/ programmable)
- 1.6 การตั้งค่าการเคลื่อนที่ของแท่นวางตัวอย่างสามารถตั้งค่าได้หลายตำแหน่งการวัด เพื่อการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ
2. หัวเข็ม stylus
  - 2.1 ประกอบด้วยหัวเข็ม stylus ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 um หรือ 12.5 um หรือ 25 um ถึง 50 um
  - 2.2 แรงกดของหัว stylus อยู่ในช่วง 1-15 มิลลิกรัม
  - 2.3 มีอุปกรณ์ช่วยเปลี่ยนหัว Stylus ช่วยให้สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย ด้วยระบบ magnetic ซึ่งประกอบด้วย sensor และ ทำงานแบบ kinematic mount
3. ประสิทธิภาพเครื่องทดสอบ
  - 3.1 ระยะในการสแกน (Scan length) สูงสุด 200 มิลลิเมตร ด้วยระบบการสแกนแบบอัตโนมัติ (automatic scan) และระบบการติดต่อกัน (stitching) ข้อมูลที่ได้จากการสแกน
  - 3.2 ตัวจับสัญญาณเป็นแบบ all-in-one sensor ซึ่งส่งผลให้วัดระยะแนวตั้ง (vertical range) ได้สูงสุด 1 มิลลิเมตร
  - 3.3 ตัวจับสัญญาณเป็นแบบ Thermally stable Linear Variable Differential Transformer sensor ซึ่งมีตัวรองรับแบบ low noise Single-Arch design
4. โหมดการวิเคราะห์ที่สนับสนุนการทำงาน
  - 4.1 Stress analysis: เพื่อใช้ในการวัด tensile และ compressive stress ของ thin film ในระดับ MPa
  - 4.2 Trace analysis: วัดความสูง และความกว้างของ non-uniform steps
  - 4.3 Step detection: วัด steps heights
  - 4.4 3D Mapping: ทำการประมวลผลภาพแบบสามมิติ (3D map) ด้วย Vision 64TM software ซึ่งสามารถประมวลผลภาพได้ในหลายตำแหน่งการวัด และแสดงผลแบบ real time
  - 4.5 มี Database Software เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสแกนหลายครั้ง (multiple scan)

4.6 มี slope correction software ซึ่งใช้ในการปรับความลาดเอียงของพื้นผิว เนื่องจากตำแหน่งการวางชิ้นงาน

4.7 สามารถวิเคราะห์ตัวแปรของรายละเอียดพื้นผิวได้ดังนี้: S-parameters (surface parameters), V-parameters (volume parameters), P-parameters (profile parameters), step-height, surface area, slope and volume analysis

5. กล้องดูตำแหน่งผิวชิ้นงาน (Microscope)

5.1 เป็นกล้อง color video microscope ชนิด High definition

5.2 ความละเอียด 3.1 เมกาพิกเซล

5.3 ใช้มุม 45 องศาในการสำรวจพื้นผิว ซึ่งส่งผลให้สามารถมองเห็น stylus ระหว่างที่ทำการสแกนได้

6. ควบคุมการทำงานด้วยชุดประมวลผล ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Window 7.0, 4GB RAM, 500 GB hard drive

7. มี vibration isolation feet เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือน

8. มี calibration standard ที่ประกอบด้วย VLSI Cert. of Calibration จำนวน 1 ชิ้น

## 2. เครื่อง Tribometer

องค์ประกอบเครื่องมีคุณลักษณะดังนี้

### 1. ส่วนประกอบของตัวเครื่อง

1.1 ตัวเครื่องทดสอบการเสียดสีของผิววัสดุแบบเอนกประสงค์เป็นชนิดตั้งโต๊ะ

1.2 ชุดมอเตอร์ (Servo Motor) ติดตั้งอยู่ภายในตัวเครื่อง เป็นอิสระต่อไดรฟ์ทดสอบชนิดต่าง ๆ

1.3 ชุดมอเตอร์ชนิดแรงบิดสูง (single high-torque) ครอบคลุมช่วงความเร็วรอบในการทดสอบตั้งแต่ 0 ถึง 5,000 รอบต่อนาที รองรับการทำงานของไดรฟ์สำหรับทดสอบต่างๆ สามารถปรับตั้งค่าความเร็วรอบได้ต่ำสุด 100rpm @แรงบิด 5Nm จนถึงความเร็วรอบสูงสุด 5000 rpm @แรงบิด 2.5Nm หรือสูงกว่า

1.4 รองรับการเปลี่ยนหรือติดตั้งไดรฟ์สำหรับทดสอบแบบหมุนรอบ (Rotary drive) และแบบการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Linear drive) กับชุดมอเตอร์โดยง่าย โดยไม่ใช้เครื่องมือหรือปรับแก้สายไฟใด ๆ ขณะถอดหรือติดตั้ง

1.5 มีโปรแกรมที่สามารถจดจำไดรฟ์สำหรับทดสอบชนิดต่างๆ (Auto recognizable by the instrument control software) ได้

1.6 สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ในแกน X และ Y แบบอิสระต่อกัน ด้วยระยะการเคลื่อนที่ในการทดสอบ (Maximum Travel) ได้สูงสุด 120 มิลลิเมตร ทั้งในแนวแกน X และ แกน Y โดยที่ แกน Z สามารถ

ทำงานในลักษณะ Z-axis motor movement and real-time indication โดยมีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 0.5 ไมโครเมตร ได้

- 1.7 ตัวเครื่องรองรับการติดตั้งช่วงแรงทดสอบ (force sensor range) สูงสุดถึง 2,000 นิวตัน
- 1.8 แผงวงจรควบคุมการทำงานต้องติดตั้งในตัวเครื่อง และสามารถควบคุมการทำงานผ่านคอมพิวเตอร์
- 1.10 สามารถอัพเกรดชุดคอมพิวเตอร์ได้ในอนาคต โดยไม่เกี่ยวข้องกับแผงวงจรควบคุมหลักของตัวเครื่อง

## 2. เซนเซอร์ตรวจวัดแรง (force sensor range) ประกอบด้วย

- 2.1 เซนเซอร์ตรวจวัดแรง (force sensors) สามารถรองรับแรงในการทดสอบตั้งแต่ 0.10 นิวตัน ถึง 2,000 นิวตัน
- 2.2 ระบบตรวจวัดแรงแบบสองมิติ สามารถรองรับช่วงไม่ต่ำกว่า ดังนี้
  - 2.2.1 ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดแรงขนาด 500 มิลลินิวตัน สามารถรองรับแรงในช่วง 5 ถึง 500 มิลลินิวตัน มีค่าความละเอียด 50 ไมโครนิวตัน หรือดีกว่า
  - 2.2.2 ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดแรงขนาด 10 นิวตัน สามารถรองรับแรงในช่วง 0.1 ถึง 10 นิวตัน มีค่าความละเอียด 0.5 มิลลินิวตัน หรือดีกว่า
- 2.3 สามารถตรวจวัดแรงในช่วงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำกว่า 0.004 ได้
- 2.4 ชุดเซนเซอร์ตรวจวัดแรงทั้งหมดต้องตรวจวัดแรงแบบสองมิติ และสามารถตรวจวัดได้ทั้งแรงในแนวตั้งฉาก (normal force) และแรงในแนวแกนราบ (Lateral force) ภายใต้โพลดเซลล์เดียวกันได้
- 2.5 ชุดเซ็นเซอร์ถูกออกแบบให้มีความเที่ยงตรงสูง (dual beam symmetrical and differential circuit) เพื่อชดเชยผลกระทบจากการบิดตัวและอุณหภูมิ (Mitigate temperature and torsion effect) หรือชนิดที่ดีกว่า
- 2.6 สามารถติดตั้งหรือเปลี่ยนชุดเซนเซอร์ตรวจวัดแรงง่าย และรวดเร็ว

## 3. การเคลื่อนที่ในแนวต่างๆ

- 3.1 การเคลื่อนที่ในแนวตั้ง (Vertical travel) ดังรายละเอียดต่อไปนี้
  - 3.1.1 เคลื่อนที่แบบควบคุมด้วยมอเตอร์ได้ระยะทางไม่ต่ำกว่า 150 มิลลิเมตร โดยมีความละเอียด (Encoder resolution) 0.5 ไมโครเมตร หรือดีกว่า
  - 3.1.2 ความเร็วในการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 0.002 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อวินาที หรือดีกว่า
- 3.2 การเคลื่อนที่ในแนวแกนราบ (Lateral travel)
  - 3.2.1 เคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ได้ระยะทางไม่ต่ำกว่า 120 มิลลิเมตร โดยมีความละเอียด (Encoder resolution) 0.25 ไมโครเมตร หรือดีกว่า
  - 3.2.2 ความเร็วในการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 0.002 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อวินาที หรือดีกว่า

3.3 หัวกด (Upper specimen/indenter) ติดตั้งอยู่บนไดรฟ์ชนิดเชิงเส้น (mounted on a linear drive) สำหรับกำหนดระยะหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของการทดสอบที่ซับซ้อนบนชิ้นงานได้

#### 4. ชุดไดรฟ์สำหรับทดสอบ (Lower Drive Module) จำนวน 2 ไดรฟ์ ดังนี้

##### 4.1 ชุดไดรฟ์แบบหมุนรอบ (Rotary drive)

4.1.1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 0.1 ถึง 5,000 รอบต่อนาที หรือดีกว่า

4.1.2 ค่าแรงบิดสูงกว่า 5 นิวตันเมตร ที่ความเร็วในการทดสอบ 1,000 รอบต่อนาที และ 2.5 นิวตันเมตร ที่ความเร็วในการทดสอบ 5,000 รอบต่อนาที หรือดีกว่า

4.1.3 รองรับการทดสอบในสถานะของเหลว

##### 4.3 ชุดไดรฟ์แบบการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (Linear drive)

4.3.1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ ตั้งแต่ 0.001 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อวินาที หรือดีกว่า

4.3.2 ระยะการเคลื่อนที่ในการทดสอบ (Maximum Travel) ได้สูงสุด 120 มิลลิเมตร หรือดีกว่า

4.3.3 ความละเอียดสูงสุด (Position resolution) ไม่ต่ำกว่า 0.25 ไมโครเมตร

4.3.5 รองรับการทดสอบการสึกหรอแบบความเร็วต่ำและการทดสอบรอยการขีดข่วน (low speed wears studies and scratch testing)

#### 5. ระบบควบคุมการทำงาน (controller)

5.1 ควบคุมด้วยโปรแกรมผ่านระบบคอมพิวเตอร์

5.2 เครื่องมือถูกเชื่อมต่อกับระบบควบคุมการทำงานและคอมพิวเตอร์โดยผ่าน USB

5.3 ระบบคอมพิวเตอร์ต้องประกอบด้วยคุณสมบัติอย่างน้อยดังนี้

5.3.1 หน้าจอ 모니터ขนาด 23 นิ้ว

5.3.2 มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 license 64-bit

5.3.3 มีหน่วยจำหลัก (RAM) ไม่ต่ำกว่า 12 GB

5.3.4 มีหน่วยความจำสำรอง (HDD) ไม่ต่ำกว่า 500 GB

5.3.5 มีคีย์บอร์ด และเมาส์ แบบไร้สาย

5.4 ซอฟต์แวร์มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานระดับเริ่มต้นและการใช้งานขั้นสูง

#### 6. มีอุปกรณ์ประกอบดังนี้

##### 6.1 Ball, Pin และ Plate Holder

6.1.1 Ball สแตนเลส 440-C ขนาด 6.35 มิลลิเมตร จำนวนไม่ต่ำกว่า 1 ชุด

6.1.2 Pin สแตนเลส 416 ขนาด 6.35 มิลลิเมตร จำนวนไม่ต่ำกว่า 1 ชุด

6.1.3 Plate ขนาด 12.7 ถึง 50.8 มิลลิเมตร จำนวนไม่ต่ำกว่า 1 ชุด

6.2 มีโต๊ะจำนวน 2 ตัว สำหรับวางเครื่องทดสอบการเสียดสีของผิววัสดุแบบเอนกประสงค์ และวางชุดคอมพิวเตอร้อย่างละ 1 ตัว พร้อมเก้าอี้ทำงาน จำนวน 1 ตัว

### 3. กำหนดรูปแบบ

บริษัทผู้จำหน่ายจะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ ณ สถานที่ติดตั้ง ให้สามารถพร้อมใช้งานได้อย่างสมบูรณ์

### 4. สถานที่ติดตั้ง

ห้อง 514 ชั้น 5 อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ 55 พรรษา วิทยาลัยนวัตกรรมการผลิตขั้นสูง สจล.

### 5. เงื่อนไขในการเสนอราคา

เพื่อเป็นการรับรองคุณภาพมาตรฐานของการให้บริการหลังการขาย บริษัทที่ประสงค์จะทำการเสนอราคาจะต้องมีคุณสมบัติขั้นต่ำ ดังต่อไปนี้


5.1 ผู้ขายต้องแสดงเอกสารใบรับรองการเป็นผู้แทนจำหน่ายและให้บริการดูแลรักษาโดยตรงจากผู้ผลิต เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 5 ปี และไม่ต่ำกว่าจำนวน 2 คน

5.2 มีวิศวกรฝ่ายบริการชาวไทยที่ได้รับการอบรมจากโรงงานผู้ผลิต สำหรับการดูแลรักษา และสอนการใช้งานที่สะดวกและรวดเร็ว

5.3 มีสอนการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องโดยผู้ชำนาญเฉพาะทางหรือผู้เชี่ยวชาญจากผู้ผลิตจนผู้ใช้สามารถใช้งานเครื่องได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ และบำรุงรักษาเบื้องต้นได้เอง

### 6. การรับประกันคุณภาพ

รับประกันเครื่อง 1 ปี บริการตรวจสอบและบำรุงรักษาทุก 6 เดือน หลังส่งมอบฟรีจำนวน 2 ครั้ง กรณีฉุกเฉินสามารถเรียกใช้บริการช่างเทคนิคจากผู้ขายได้ไม่จำกัดจำนวนครั้งในระยะเวลา 1 ปี



(รองศาสตราจารย์ ดร.ราชศักดิ์ ศักดานุภาพ)

ผู้ออกรายละเอียด

**หมายเหตุ** ผู้ที่เสนอราคาได้ ต้องทำการตีหมายเลขทะเบียนครุภัณฑ์ให้สวยงาม และถ่ายรูปครุภัณฑ์ตามที่สถาบันกำหนด และจัดส่งให้เจ้าหน้าที่พัสดุ หลังจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ทำการตรวจรับพัสดุเรียบร้อยแล้ว