

ร่างขอบเขตของงาน (Term of Reference : TOR) ครั้งที่ ๒

รายการ ครุภัณฑ์เครื่องทดสอบคุณสมบัติผิววัสดุ โดยการกดในระดับนาโน

1. รายละเอียดทั่วไป :

เครื่องทดสอบคุณสมบัติผิววัสดุ โดยการกดในระดับนาโน เป็นเทคนิคสำหรับการวิเคราะห์สมบัติเชิงกลของวัสดุ (Mechanical Properties) สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก สามารถทำการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุ หรือผิวเคลือบ วัสดุ ได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆ ได้เช่น การหาค่าความล้า (Fatigue) การหาค่าความแข็ง (Hardness) ค่าความต้านทานการสึกหรอ (Wear Resistance) ค่าความยืดหยุ่น (elastic) ค่าความเหนียวหนืด (viscous) และค่าการยึดเกาะของผิวเคลือบ (Adhesion) และการหาค่า Elastic Modulus เป็นต้น รวมทั้งสามารถตรวจสอบลักษณะพื้นผิวได้

2. ส่วนประกอบสำคัญ:

2.1 เครื่อง Nano Indentation จำนวน 1 ชุด

2.2 อุปกรณ์ประกอบ

2.2.1 เครื่อง Atomic Force Microscope จำนวน 1 ชุด

2.2.2 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ

3. คุณสมบัติเฉพาะ:

3.1 เครื่อง Nano Indentation จำนวน 1 ชุด

3.1.1 ตัวเครื่องสามารถทำการวัดค่าความล้าและกำหนดค่าความล้าของการกดได้ และวัดค่าการกดลากได้ในระดับนาโนเมตร เพื่อวัดค่า Hardness , elastic modulus, Creep, Yield Strength, Fracture Toughness, Dynamic Hardness, Stress-strain, Yield Strength , Fatigue, Viscoelasticity, Lost Modulus, Storage Modulus, Adhesion Strength, Plastic and Elastic deformation, Wear resistance และคุณสมบัติอื่นๆ ของตัวอย่างได้

3.1.2 มีโปรแกรม และอุปกรณ์สำหรับวัด Static Nano Indentation

3.1.3 มีโปรแกรม และอุปกรณ์สำหรับวัด Dynamic Nano Indentation

3.1.4 มีโปรแกรม และอุปกรณ์สำหรับวัด Nano Scratch and Wear

3.1.5 มีโปรแกรม และอุปกรณ์สำหรับวัด Mar Resistance

- 3.1.6 การทำงานในระดับ Nano-indentation mode สามารถทำงานได้ดังนี้
- 3.1.6.1 สามารถคำนวณค่า Hardness และ Elastic modulus ได้อัตโนมัติ
 - 3.1.6.2 สามารถหาค่า Hardness/elastic modulus vs depth measurement ได้
 - 3.1.6.3 สามารถหาค่า Stiffness measurement ได้
 - 3.1.6.4 สามารถทำการทดสอบ Creep and stress relaxation ได้
 - 3.1.6.5 สามารถหาค่า Elastic plastic work measurement ได้
 - 3.1.6.7 สามารถหาค่า Dynamic Hardness, Stress-strain, Yield Strength ได้
 - 3.1.6.9 สามารถหาค่า Fatigue, Viscoelasticity, Lost Modulus ได้
 - 3.1.6.9 สามารถหาค่า Storage Modulus, Adhesion Strength ได้
 - 3.1.6.10 สามารถหาค่า Plastic and Elastic deformation, Wear resistance ได้
- 3.1.7 หัวกด Indenter สามารถเคลื่อนที่ในแนวปฏิบัติการ ได้เป็นระยะทางไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร สามารถทำการควบคุมแรงกดอย่างอัตโนมัติ โดยควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 3.1.8 แท่นวางตัวอย่างทดสอบหรือหัวกด สามารถเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับแนวปฏิบัติการ ได้ไม่น้อยกว่า 100 x 100 มิลลิเมตร โดยการควบคุมผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์
- 3.1.9 แท่นวางตัวอย่างสามารถวางชิ้นงานที่มีขนาดไม่เล็กกว่า 25x25 มิลลิเมตร และความหนาของชิ้นงานไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร และ แท่นวางสามารถปรับระนาบผิวหน้าของชิ้นตัวอย่างได้
- 3.1.10 สามารถใช้งานโหมด Indentation ซึ่งโหลดแรงได้สูงสุด ไม่ต่ำกว่า 1000 mN ความละเอียด 6 nN หรือดีกว่า
- 3.1.11 สามารถใช้งานโหมด Scratch ซึ่งโหลดแรงได้สูงสุด 50 mN หรือดีกว่า ระยะ Scratch ไม่น้อยกว่า 2.0 mm
- 3.1.12 มีระยะในการกดสูงสุดไม่น้อยกว่า 80 μm มี noise น้อยกว่า 0.1 นาโนเมตร มีความละเอียด 0.04 นาโนเมตร หรือละเอียดกว่า
- 3.1.13 มีค่า Drift rate ไม่เกิน 0.05 nm/s
- 3.1.14 มีระบบสอบเทียบมาตรฐานของหัวกด Indenter แบบอัตโนมัติ (Automatic Tip Calibration)
- 3.1.15 มีกล้อง CCD สำหรับมองผิวตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์จากด้านบน จำนวน 1 ชุด
- 3.1.16 มีกล้อง Camera สำหรับมองตัวอย่างจากด้านข้างเพื่อดูหัวกด หรือการเปลี่ยนแปลงของผิวตัวอย่างขณะทำการวิเคราะห์ จำนวน 1 ชุด
- 3.1.17 สามารถทดสอบตัวอย่างมาตรฐานพอลิเมอร์, พลาสติก และ biomaterials ได้
- 3.1.18 สามารถทดสอบชิ้นงานที่อยู่ในของเหลวได้
- 3.1.19 สามารถทดสอบชิ้นงานในอุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิที่สูงกว่า เช่น 40 องศา เป็นต้น
- 3.1.20 สามารถแสดงข้อมูล ภาพ Hardness หรือ Modulus เชิง Mapping 2 มิติ 3 มิติ หรือ 4 มิติ ได้
- 3.1.21 สามารถทำการกด Indentation แบบ Fast Mapping ด้วยความเร็วไม่เกิน 3 วินาที ต่อจุด

- 3.1.22 สามารถเลือกโหมด Multiple actuator สำหรับการทดสอบวัสดุที่นุ่มมาก เช่น พลาสติกเมคเคล็ดแดง รวมไปถึง
ถึงตัวอย่างที่เป็นสารเคลือบแบบแข็ง เช่น เซรามิค ได้
- 3.1.23 ชุดเครื่องมือต้องมีระบบป้องกันแรงสั่นสะเทือนจากภายนอก เพื่อความแม่นยำในผลการวัด
- 3.1.24 มีตู้ และโต๊ะสำหรับวางเครื่องมือ จำนวน 1 ชุด ที่มั่นคงและแข็งแรง สนับสนุนการสร้างสภาวะที่เหมาะสม
ต่อการทดลอง
- 3.1.25 ตัวเครื่องมือพร้อมกับคอมพิวเตอร์และ software ควบคุมการทำงาน โดยที่ตัว software จะมีอีกชุดมาให้โดย
ไม่คิดค่าใช้จ่ายสำหรับทำ off-line data analysis ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น และสามารถทำการ
updates software ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย
- 3.1.26 คอมพิวเตอร์ เป็นรุ่นที่มีองค์ประกอบเหล่านี้ เป็นอย่างน้อย
- Processor – intel Core i7-7700 (3.6 GHz base, up to 42 GHz with Intel Turl MB cache, 4 cores
 - Graphics – NVIDIA GeForce GTX 1050 2GB GDDR5
 - Main Memory – 16GB-32GB DDR4 2400MHz หรือมากกว่า
 - Hard Drive – 128GB SSD + 1TB 7200RPM HDD
 - Optical Disk Drive – Tray-load DVD Drive (Reads and Writes to DVD/CD)
 - Audio – Integrated
 - Network – Yes
 - Wireless – Wireless 802 11b/g/n
 - Keyboard, Bluetooth
 - จอ LED 24 inches ขึ้นไป
 - CardReader – yes

4. อุปกรณ์ประกอบ:

- 4.1 เครื่อง Atomic Force Microscope จำนวน 1 ชุด (อุปกรณ์ประกอบ)
- 4.1.1 เป็นเครื่องมือวิเคราะห์พื้นผิวในระดับนาโน โดยใช้เทคนิคการลากของเข็มขนาดเล็กบนพื้นผิว
ตัวอย่าง
- 4.1.2 มีการลักษณะ Piezo Scanner แบบแยกการทำงานของชุดแกน XY Piezo Scanner และ Z Piezo
Scanner ออกจากกัน
- 4.1.3 เป็น Scanner ชนิด Flexure Scanner เพื่อลดผลกระทบจากการบิดงอของภาพ (Bow effect) ที่เกิด
จาก error ของ Piezo scanner
- 4.1.4 Scanner เป็นชนิด Close loop sample scanner เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของผลการวิเคราะห์
- 4.1.5 Scan range ในแนวแกน XY ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 50 x 50 ไมโครเมตร ความละเอียด 0.1 nm. หรือ
ดีกว่า

- 4.1. 6 Scan range ในแนวแกน Z ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 12 ไมโครเมตร ความละเอียด 0.04 nm. หรือดีกว่า
- 4.1. 7 Z Scanner สามารถสร้างความเร็วของการสั่นได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 600 kHz เพื่อความรวดเร็วในผลการวิเคราะห์
- 4.1. 8 มี Detector diode ชนิด Super Luminescence Diode และใช้เลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 830 nm.
- 4.1. 9 สามารถถอดหัว Z AFM Scanner Head ออกมาเปลี่ยนเข็มโดยง่ายด้วยมือเปล่า และมีตัวล็อกเพื่อ ความแข็งแรงขณะทำการวัด
- 4.1. 10 การเคลื่อนที่ของตัวอย่างในแนวแกน XY สามารถเคลื่อนที่ตัวอย่างได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 13 x 13 มิลลิเมตร
- 4.1. 11 การเคลื่อนที่ของ Z Scanner head สามารถเคลื่อนที่อย่างอัตโนมัติ มีระยะการเคลื่อนที่ของ Z scanner head สูงสุดไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร
- 4.1. 12 สามารถรองรับตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่สุดไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร และหนา 20 มิลลิเมตร
- 4.1. 13 สามารถเปลี่ยนตัวอย่าง โดยไม่ต้องถอดเข็ม Cantilever และทำ Alignment เลเซอร์ใหม่ เพื่อความ สะดวก และรวดเร็วในการวัด
- 4.1. 14 มีระบบนำเข็มเข้าสัมผัสผิวของตัวอย่าง โดยระบบอัตโนมัติ (Auto Approach)
- 4.1. 15 มีกล้อง CCD พร้อมเลนส์ ขนาด 10X field of view 480 x 360 ไมโครเมตรและหลอดไฟ LED ติดตั้งอยู่ด้านบน
- 4.1. 16 สามารถแสดงภาพขณะทำการวิเคราะห์ได้
- 4.1. 17 ความละเอียดสูงสุดของภาพในการสแกน ไม่น้อยกว่า 4096 x 4096 pixel
- 4.1. 18 มีโหมดในการวิเคราะห์ภาพ Topography โดยโหมด True Non Contact Mode, Contact Mode และ Tapping Mode
- 4.1. 19 สามารถแสดงข้อมูลในการวิเคราะห์ได้ หลายประเภท ดังนี้
 - 4.1.19.1 Topography, Phase, Lateral Force microscopy
 - 4.1.19.2 F/D Spectroscopy และ Force Volume imaging
 - 4.1.19.3 สามารถวิเคราะห์ค่า Pinpoint Mechanical Properties ของพื้นผิวได้
 - 4.1.19.4 สามารถวัดตัวอย่างในของเหลวได้ (In Liquid Measurement)
 - 4.1.19.5 สามารถวิเคราะห์ค่า แม่เหล็กของตัวอย่าง (MFM) ได้
 - 4.1.19.6 สามารถวิเคราะห์ค่า Nano Indentation โดย Diamond probe cantilever ได้
- 4.1. 20 มีโปรแกรมสำหรับการวัดภาพขั้นสูง Advance software ที่สามารถปรับค่าต่างๆได้เอง
- 4.1. 21 มีโปรแกรมวิเคราะห์อย่างง่าย Smart Scan สำหรับการวัดภาพอย่างง่าย ที่สามารถเลือกความ ละเอียดคมชัด และความเร็วในการสแกนได้ โดยไม่จำเป็นต้องปรับค่า I Gain หรือ P Gain
- 4.1. 22 สามารถเปลี่ยนเข็ม Cantilever ได้ง่ายดายโดยสะดวก
- 4.1. 23 มีตู้ป้องกันเสียง และอุปกรณ์ป้องกันการสั่นสะเทือน (Anti vibration system) จำนวน 1 ชุด

- 4.1. 24 โต๊ะหรือวางเครื่องมือ จำนวน 1 ชุด ที่มั่นคงและแข็งแรง สนับสนุนการสร้างสภาวะที่เหมาะสมต่อการทดลอง
- 4.1. 25 ตัวเครื่องมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์และ software ควบคุมการทำงาน โดยที่ตัว software จะมีอีกชุดมาให้โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสำหรับทำ off-line data analysis ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น และสามารถทำการ updates software ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย
- 4.1. 26 Computer เป็นรุ่นที่มีองค์ประกอบเหล่านี้ เป็นอย่างน้อย
- Processor – intel Core i7-7700 (3.6 GHz base, up to 4.2 GHz with Intel Turbo Boost, 8 MB cache, 4 cores
 - Graphics – NVIDIA GeForce GTX 1050 2GB GDDR5
 - Main Memory – 16GB-32GB DDR4 2400MHz หรือมากกว่า
 - Hard Drive – 128GB SSD + 1TB 7200RPM HDD
 - Optical Disk Drive – Tray-load DVD Drive (Reads and Writes to DVD/CD)
 - Audio – Integrated
 - Network – Yes
 - Wireless – Wireless 802.11b/g/n
 - Keyboard, Bluetooth
 - จอ LED 24 inches ขึ้นไป
 - CardReader – yes

4.2 อุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ:

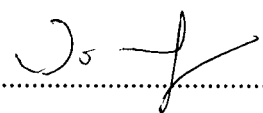
- 4.2.1 มี หัว indenter ชนิด Berkovich ไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- 4.2.2 มี หัว indenter ชนิด Cube corner ไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- 4.2.3 มี หัว indenter ชนิด Spherical ไม่น้อยกว่า 3 ชุด
- 4.2.4 มี เข็ม Cantilever จำนวน ไม่น้อยกว่า 100 ชิ้น
- 4.2.5 มี Magnetic Field Generator ที่ทำ Intensity ได้ ไม่น้อยกว่า 300 Gauss จำนวน 1 ชุด
- 4.2.6 มีชุดวัดตัวอย่าง AFM ในของเหลว (Liquid cell) จำนวน 1 ชุด
- 4.2.7 มี UPS ขนาดไม่น้อยกว่า 800/1KVA สำหรับครอบคลุมเครื่องมือทั้งหมด จำนวน 1 ชุด
- 4.2.8 มีเครื่องมือช่าง (Tools) จำนวน 2 ชุด
- 4.2.9 มีหนังสือคู่มือการใช้งาน ทั้งภาษาไทยและอังกฤษ จำนวน 5 ชุด

5 ลักษณะทางไฟฟ้า :

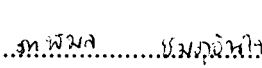
เครื่องต้องใช้งานได้กับไฟฟ้า 220 V / 50 Hz ได้

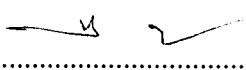
6 ข้อกำหนดอื่น :


- 6.1. บริษัทผู้จัดจำหน่ายต้องเป็นผู้ผลิตโดยตรงหรือเป็นตัวแทนผู้จัดจำหน่ายโดยตรง เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปี โดยมีหนังสือยืนยันจากบริษัทผู้ผลิต
- 6.2. ผลิตภัณฑ์ทั้งหมดเป็นของประเทศอเมริกา อังกฤษ เยอรมันนี หรือ ญี่ปุ่น
- 6.3. ส่งมอบสินค้า ภายใน 120 วัน หลังจากลงนามในสัญญาซื้อขาย
- 6.4. อุปกรณ์ทุกชนิดมีการรับประกันตัวเครื่องจากการใช้งานปกติโดยบริษัทผู้ผลิตเป็นเวลา 2 ปี
- 6.5. มีการติดตั้ง ทดสอบระบบ และสอนการใช้งานโดยวิศวกรจากบริษัทผู้ผลิต ณ สถานที่ติดตั้ง อย่างน้อย 2 ครั้ง
- 6.6. บริษัทผู้จำหน่ายให้บริการดูแลและบำรุงรักษาเครื่องเป็นเวลา 2 ปี นับตั้งแต่วันตรวจรับ
- 6.7. ตัวเครื่องสามารถทำ calibration ให้เป็นไปตามมาตรฐานได้
- 6.8. ตัวเครื่องควบคุมการทำงานผ่าน software โดยสามารถตั้งค่าการทดสอบ แสดงข้อมูล วิเคราะห์ผล และสามารถตั้งค่าควบคุมการทดสอบล่วงหน้าให้ทำงานตามลำดับขั้น (Sequence) ที่กำหนดไว้ได้
- 6.9. ตัวเครื่องมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์และ software ควบคุมการทำงาน โดยที่ตัว software จะมีอีกชุดมาให้โดยไม่ได้คิดค่าใช้จ่ายสำหรับทำ off-line data analysis ที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น และสามารถทำการ updates software ได้โดยไม่มีค่าใช้จ่าย

ลงชื่อ..........ผู้กำหนดคุณลักษณะ
(ผศ.ทพญ.ดร. วริศรา ศิริมหาราช)

ลงชื่อ.....ผู้กำหนดคุณลักษณะ
(ผศ.ทพ.ดร. สิทธิกร คุณวโรตม์)

ลงชื่อ..........ผู้กำหนดคุณลักษณะ
(ผศ.ทพญ. ภาพิมล ชมพูอินไหว)

ลงชื่อ..........ผู้กำหนดคุณลักษณะ
(อ.ทพ.ดร. พิสัยศิษฏ์ ชัยจรีนนท์)

ลงชื่อ..........ผู้กำหนดคุณลักษณะ
(อ.ทพ.ดร. ชีระพงษ์ ม้ามณี)