

## รายละเอียดคุณลักษณะ

ครุภัณฑ์เครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล (Rheometer) จำนวน 1 ชุดพร้อมติดตั้ง

### คุณลักษณะทั่วไป

เครื่องมือศึกษาคุณสมบัติและการวิเคราะห์หาสมบัติการไหลของ-ของวัสดุ โดยสามารถกำหนดการทำงานของเครื่องได้ทั้งแบบควบคุม อัตราเฉือน (Shear Rate) หรือควบคุมความเค้นเฉือน (Shear Stress) สามารถใช้ได้กับตัวอย่างทั่วไปประเภทของเหลวหรือกึ่งของเหลว การทำงานของเครื่องจะสั่งงานโดยตัวโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ ตัวเครื่องสามารถต่อกับหัววัดได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้งาน เช่น แบบทรงกระบอก แบบแผ่นขนานและแบบโคน เป็นต้น

### รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะครุภัณฑ์

#### 1. เครื่องวัดสมบัติการไหล

- 1.1 ตัวเครื่องสามารถควบคุมแรงบิดด้วยมอเตอร์ขั้นต่ำ 10 นาโนนิวตันเมตร หรือน้อยกว่า ถึงแรงบิดสูงสุด 150 มิลลินิวตันเมตร หรือมากกว่า สำหรับโหมดการสั่น (Oscillation) และสามารถควบคุมแรงบิดขั้นต่ำ 20 นาโนนิวตันเมตร หรือน้อยกว่า ถึงแรงบิดสูงสุด 200 มิลลินิวตันเมตร หรือมากกว่าสำหรับโหมดการวัดความหนืด (Steady Shear)
- 1.2 สามารถทำงานได้ในโหมดการวัดแบบสั่น (Oscillation) การวัดความหนืด (Viscosity) การวัดแบบครีป (Creep) และการคลายความเค้น (Stress Relaxation)
- 1.3 มี Torque Resolution 0.001 ไมโครนิวตันเมตรหรือน้อยกว่า
- 1.4 มีการใช้เบรค เช่น แบบแม่เหล็ก หรือ แบบทางกล หรือแบบอื่นๆเป็นชิ้นส่วนหนึ่งในเบรคที่มีในตัวเครื่อง เพื่อช่วยให้มีแรงเสียดทานในการวัดให้น้อยที่สุด

### ผู้กำหนดคุณลักษณะ

.....  
พ.อ. วิจิต

( อาจารย์นิติตรา วิจิต )

.....  
พ.ศ.ดร. นกสิทธิ์ ปัญญาใหญ่

( ผศ.ดร.นกสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ )

### ผู้ตรวจสอบคุณลักษณะ

.....  
พ.ศ.ดร. นกสิทธิ์

( รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ศุภชัย ศรีธวัช )



- 1.5 Step time, Strain เท่ากับ 15 มิลลิวินาที หรือดีกว่า
- 1.6 Step time, Rate เท่ากับ 5 มิลลิวินาที หรือดีกว่า
- 1.7 ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) ขั้นต่ำ 10 นาโนเรเดียนต่อวินาที หรือปรับให้ช้ากว่า และความเร็วสูงสุด 300 เรเดียนต่อวินาที หรือเร็วกว่า
- 1.8 ความถี่ในการวัดแบบ Oscillation ขั้นต่ำ  $10^{-6}$  เฮิรท์ หรือต่ำกว่า และสูงสุด 100 เฮิรท์ หรือมากกว่า
- 1.9 มีช่วงการวัด Normal Force สูงสุด 20 นิวตัน หรือมากกว่า และมีความละเอียดในการวัด Normal Force 1 มิลลินิวตัน หรือน้อยกว่า
- 1.10 มีชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับหัววัดแบบแผ่นขนาน (Peltier Plate Temperature System) สามารถใช้ควบคุมอุณหภูมิขั้นต่ำ -30 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า และสูงสุด 200 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า
- 1.11 มีระบบสำหรับใช้ปิดตัวอย่างขณะหัววัดกำลังทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ขณะทำการวัด
- 1.12 มีระบบ Solvent Trap สำหรับป้องกันไม่ให้ Solvent สูญหายไประหว่างการวัด
- 1.13 มีระบบอากาศ Air Compressor แบบไม่ใช้น้ำมัน พร้อมหัวปรับแรงดัน
- 1.14 สามารถตั้งวิธีวัดได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้
  - 1.14.1 การวัดโดยการควบคุมความเค้นเฉือน (Shear Stress) หรือควบคุมอัตราเฉือน (Shear Rate) ใช้ในการหาศึกษา Flow Curve ของตัวอย่าง
  - 1.14.2 การวัดคุณสมบัติของการไหล (Flow Behavior) ของตัวอย่าง
  - 1.14.3 การวัดเพื่อจุดที่เกิดการเสียสภาพถาวร (Yield Point)
  - 1.14.4 การศึกษาถึงการเกิดครีป (Creep Test)
  - 1.14.5 การวัดแบบ Oscillation สำหรับตัวอย่างที่เป็น Viscoelastic โดยใช้ซอฟต์แวร์ในการกำหนดและปรับค่า Stress, Strain, Frequency, Time และ Temperature
  - 1.14.6 การวัดแบบ Stress Relaxation

ผู้กำหนดคุณลักษณะ

.....  
ทศพร วิจิต  
( อาจารย์นิรุตตรา วิจิต )

.....  
นันทสิทธิ์ ปัญญาใหญ่  
( ผศ.ดร.นันทสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ )

ผู้ตรวจสอบคุณลักษณะ

.....  
ดร. นสพ.  
( รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ศุภชัย ศรีธวังค์ )



2. ชุดหัววัด มีคุณลักษณะ ดังนี้

- 2.1 ชุดหัววัดแบบเรียบ (Plate & Plate) จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ขนาด แตกต่างกันและมีฐานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่รองรับชุดหัววัดแบบ Plate & Cone ได้ทุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประกอบด้วย
- 2.1.1 หัววัด Upper Plate ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
- 2.1.2 หัววัด Upper Plate ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
- 2.1.3 หัววัด Upper Plate ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
- 2.1.4 หัววัด Upper Plate ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น
- 2.2 ชุดหัววัดแบบ Cone & Plate โดยมีหัววัด Upper Cone ที่ทำมุมต่างกันไม่น้อยกว่า 2 ขนาดและมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 40 มิลลิเมตร และ 60 มิลลิเมตร
- 2.3 ชุดหัววัดแบบ Bob & Cup จำนวน 1 ชุด
- 2.4 สาร Standard สำหรับการ Calibrate 1 ชุด โดยใช้เทียบความเที่ยงตรงของผลการวัดเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล
- 2.5 มีอุปกรณ์ป้องกันดักจับไอระเหยและ Silicon Oil สำหรับป้องกันการระเหยของตัวอย่างในระหว่างการทำงานที่อุณหภูมิสูง

3. อุปกรณ์ประกอบ

- 3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ จำนวน 1 เครื่อง มีคุณลักษณะ ดังนี้
- 3.1.1 มีความเร็วในการประมวลผลไม่น้อยกว่า 3.30 กิกะเฮิร์ต
- 3.1.2 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR3 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 4 กิกะไบต์
- 3.1.3 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard Drive) ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 500 กิกะไบต์

ผู้กำหนดคุณลักษณะ

.....  
พ.อ.อ. อ.อ.

( อาจารย์นิรุตตรา วิจิต )

.....  
พ.อ.อ.อ. อ.อ.อ.อ.

( ผศ.ดร.นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ )

ผู้ตรวจสอบคุณลักษณะ

.....  
พ.อ.อ.อ.อ.อ.

( รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ศุภชัย ศรีธีวงศ์ )



- 3.1.4 มีจอภาพแบบ LED ขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว
- 3.1.5 มีโต๊ะสำหรับวางเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ผลการทดลอง พร้อมเก้าอี้  
จำนวน 1 ชุด
- 3.1.6 รับประกันเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่น้อยกว่า 3 ปี
- 3.2 เครื่องพิมพ์ผลการทดลองแบบเลเซอร์ดำ จำนวน 1 เครื่อง พร้อมหมึกพิมพ์จำนวนไม่น้อย  
กว่า 2 ชุด
- 3.3 โต๊ะสำหรับวางเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหลทำมาจากหินแกรนิต ชนิดป้องกันการ  
ลั่นสะเทือน จำนวน 1 ตัว มีคุณลักษณะ ดังนี้
- 3.3.1 ตัวโต๊ะหล่อด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กเคลือบด้วยหินขัด ขนาดหนาไม่น้อยกว่า  
7 เซนติเมตร
- 3.3.2 ขาโต๊ะทั้ง 2 ข้างยึดด้วยท่อเหล็กชุบซิงค์ พ่นสีกันสนิม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อย  
กว่า 2.5 นิ้ว และมียางรองกันสะเทือน 4 จุด
- 3.3.3 ด้านบนโต๊ะปูด้วยหินแกรนิต ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 60  
เซนติเมตร หนาไม่น้อยกว่า 1.5 เซนติเมตร
- 3.3.4 ขนาดตัวโต๊ะ ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร หนา  
ไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร
- 3.4 ตู้เหล็กเก็บอุปกรณ์เคลือบสีกันสนิมบานเลื่อนกระจก ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตร  
ลึกไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร มีชั้นวางจำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชั้น  
จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ตู้
- 3.5 โต๊ะปฏิบัติการสำหรับเตรียมตัวอย่างประกอบเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล มีขนาดความ  
กว้างไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 2 เมตร ความสูงไม่น้อยกว่า 80  
เซนติเมตร พื้นโต๊ะปฏิบัติการทำจากวัสดุที่มีความคงทนต่อการกัดกร่อนสารเคมี โครงสร้างขา

ผู้กำหนดคุณลักษณะ

.....  
พรศก วิจิต

( อาจารย์นริศรา วิจิต )

.....  
นันทชัย ชื่นบุญใหญ่

( ผศ.ดร.นันทชัย ชื่นบุญใหญ่ )

ผู้ตรวจสอบคุณลักษณะ

.....  
ดร.นันทชัย ชื่นบุญใหญ่

( รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ศุภชัย ศรีธวัช )



เป็นเหล็กกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 1x2 นิ้ว ความหนา 2 มิลลิเมตร ชุบด้วยซิงค์ฟอสเฟต เคลือบกันสนิมและพ่นทับด้วยสีอีพอกซี (epoxy) โดยทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี มีปลั๊ก ไฟฟ้าสามสาย 2 เต้าเสียบ สามารถเสียบปลั๊กไฟฟ้า ได้ทั้งกลมและแบบแบนในตัวเดียวพร้อม ติดตั้งจนสามารถใช้งานได้ จำนวน 1 ตัว

3.6 เครื่องสำรองไฟสำหรับเครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล ขนาดไม่ต่ำกว่า 3 กิโลวัตต์ แอมแปร์

3.7 รถเข็นสำหรับนำตัวอย่างมาทดสอบกับเครื่องมือ เป็นสแตนเลสสตีล แบบ 2 ชั้น ขนาดกว้าง x ยาว x สูง ไม่น้อยกว่า 40x50x80 เซนติเมตร (ความสูงรวมล้อ) โครงสร้างทั้งหมดทำจากสแตนเลสสตีลหนาไม่น้อยกว่า 1.2 มิลลิเมตร ซึ่งทนต่อความร้อน การเกิดสนิมและการกัดกร่อนของสารเคมี ด้านบนมีขอบสูงไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร 4 ด้าน ทั้ง 2 ชั้น มีที่จับขึ้น 1 ด้าน ล้อเป็นล้อยางหมุนได้รอบ จำนวน 4 ล้อ จำนวน 1 ตัว

#### 4. รายละเอียดและเงื่อนไขอื่น ๆ

4.1 มีคู่มือการใช้งาน สำหรับโปรแกรมการควบคุมทำงานและสำหรับตัวเครื่อง เป็นภาษาอังกฤษ และภาษาไทย จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด และคู่มือการใช้งานฉบับย่อ จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ชุด

4.2 ผู้เสนอราคาต้องรับผิดชอบในการติดตั้งครุภัณฑ์เครื่องวิเคราะห์คุณสมบัติการไหล จำนวน 1 ชุด พร้อมอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด รวมทั้งติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ขนาดไม่น้อยกว่า 18,000 บีทียู จำนวน 2 ชุด และติดตั้ง màn ปรับแสง เพื่อให้เครื่องมือสามารถใช้งานได้ภายในอุณหภูมิและสภาวะที่เหมาะสมกับการทำงาน

4.3 มีการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือและการบำรุงรักษาให้กับบุคลากรของมหาวิทยาลัยให้สามารถใช้งานได้

4.4 ใช้กับไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต

#### ผู้กำหนดคุณลักษณะ

..... น.ส.ดร. วิจิต  
( อาจารย์นริศรา วิจิต )

..... ผศ.ดร. นกสิทธิ์ ปัญญาใหญ่  
( ผศ.ดร.นกสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ )

#### ผู้ตรวจสอบคุณลักษณะ

.....  
( รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ศุภชัย ศรีธีวงศ์ )