

## การพัฒนาเครื่องทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบสถิต Development of Test for Static Coefficient of Friction

คณิต ทองพิสิฐสมบัติ<sup>1</sup> และ พุทธิธิดา ชัยสวัสดิ์<sup>\*1</sup>  
Kanit Thongpisisombat<sup>1</sup> and Phuttatida Chaisawas<sup>\*1</sup>  
<sup>1</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม  
<sup>\*</sup>ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: phuttatida.cha@siam.edu

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบสถิต โดยมีอัตราความเร็วในการดึงคงที่ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ควบคุมความเร็วโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์กับชุดขับไดร์สตีปมอเตอร์ IM483 เชื่อมต่อกับเกียร์ทด 15:1 และต่อกับระบบ linear motion ซึ่งประกอบด้วยบอลสกรูยาว 1 เมตร ซึ่งมีระยะเกลียว 8 มิลลิเมตรต่อรอบ เพื่อใช้เป็นชุดกำลังในการดึง ชุดทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตประกอบด้วยโต๊ะทดสอบติดตั้งอยู่ในแนวราบและมีตัวเลื่อน โดยโต๊ะและตัวเลื่อนติดตั้งกับพื้นผิววัสดุทดสอบ 3 คู่: หนังกับโลหะ, หนังกับไม้ และหนังกับพลาสติก ในการอ่านค่าแรงเสียดทานมีโหลดเซลล์กับเครื่องสเตรนอินทรูเมนต์ตรวจวัดค่าแรงและแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัลในหน่วยนิวตัน โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตระหว่างหนังกับไม้มีค่าสูงสุดและหนังกับพลาสติกมีค่าต่ำสุด โดยมีค่า 0.7514 และ 0.3022 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต, ไมโครคอนโทรลเลอร์, ชุดขับไดร์สตีปมอเตอร์, โหลดเซลล์

### Abstract

In this research design and construct a testing machine to measures the static coefficient of friction by using constant pull speed 1 mm per second, speed controlled by microcontroller with IM483 high performance microstepping driver, a stepper motor combined with mechanical gear ratio 15:1 and linear motion has ball screw length 1 m pitch 8 mm/rev was used to transfer the pull energy. The coefficient of friction test fixture consists of a fixed horizontal table and a moveable sled. Both the table and sled can be covered with three pairs of test material: leather and metal, leather and wood, leather and plastic respectively. The friction force data reading from the load cell during the test with strain instrument display the Newton unit. For leather and wood showed the highest static coefficient of friction was 0.7514 and the lowest was 0.3022 for leather and plastic.

**Keywords:** the static coefficient of friction, microcontroller, microstepping driver, load cell

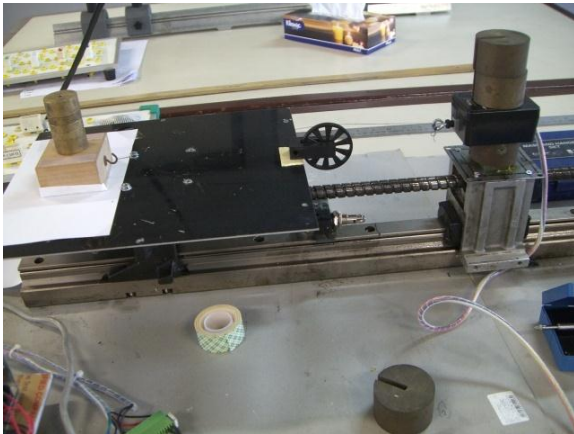
### บทนำ

พื้นผิวของวัตถุที่ราบเรียบเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า แต่เมื่อขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะเห็นรอยขรุขระของพื้นผิวเหล่านั้น ซึ่งรอยขรุขระเหล่านี้เมื่อเสียดสีกันจะทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้น โดยพื้นผิววัสดุต่างชนิดกัน ย่อมมีแรงเสียดทานที่ต่างกัน ซึ่งแรงเสียดทานจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นด้วย โดยค่าคงตัวของแรงที่ผิววัตถุกระทำต่อกันในแนวตั้งฉาก คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน แรงเสียดทานเป็นแรงที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญสำหรับนักศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องกับทางวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ซึ่งในปัจจุบันมีบริษัทเอกชน เช่น บริษัท INSTRON ได้ผลิตชุดทดลองสำเร็จรูปเพื่อใช้สำหรับทำการทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต แต่เนื่องจากชุดทดลองสำเร็จรูปมีราคาที่สูง จึงทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะสร้างชุดทดลองเพื่อใช้วัดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตในราคาที่ไม่แพง

ในการการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตจำเป็นต้องใช้ระบบอ่านค่าแรงแบบดิจิทัล เพื่ออ่านค่าแรงที่ใช้กระทำกับวัตถุในการลากวัตถุจากหยุดนิ่งจนกระทั่งวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ จากการทดลอง จะได้ค่าแรงสูงสุด ณ จุดที่วัตถุกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต การนำระบบวัดอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้ในการวัดและอ่านค่าแรงในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์มีความสำคัญในการทดลองเพราะจะได้ค่าที่แน่นอน แม่นยำ อ่านค่าได้ง่ายเป็นตัวเลขดิจิทัล ทำให้นักศึกษาเห็นผลการทดลองเป็นเชิงตัวเลขตามเวลาที่เปลี่ยนไปแบบ real time

## วิธีดำเนินการวิจัย

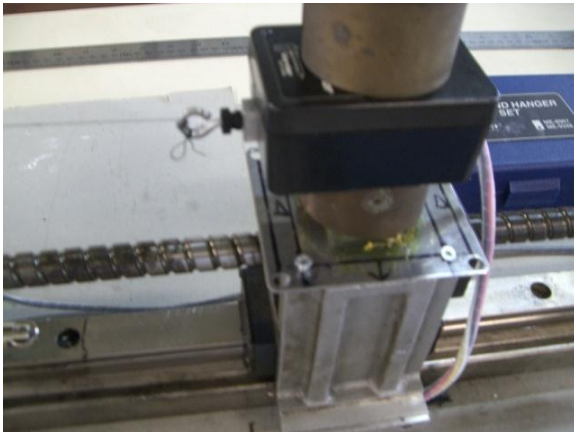
สร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบสถิต โดยมีการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยชุดการลากเลื่อนวัตถุให้เลื่อนไถลไปบนวัสดุทดสอบที่ให้ความเร็วคงที่ ตามภาพที่ 1 (ก) สร้างโดยใช้สเต็ปมอเตอร์ (stepping moter) ต่อกับเกียร์ทด 15:1 มีอุปกรณ์ขับไดร์มอเตอร์ IM483 (high performance microstepping driver) และแผงวงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ PWM ตามภาพที่ 1 (ข) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชุดกำลังในการลากต่อเชื่อมกับระบบ linear motion ซึ่งประกอบด้วยบอลสกรูยาว 1 เมตร และมีระยะเกลียว 8 มิลลิเมตรต่อรอบ การทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานด้วยชุดทดลองที่ติดตั้งอยู่บนโต๊ะในแนวราบและตัวเลื่อนไถล วัสดุทดสอบจะติดกับผิวโต๊ะและตัวเลื่อนขณะทำการทดสอบ การอ่านค่าแรงลากเลื่อนขณะเคลื่อนที่บนระนาบที่อยู่กับที่โดยมีโหลดเซลล์ ตามภาพที่ 1 (ค) ตรวจวัดค่าแรงจากการเคลื่อนที่ในระหว่างการทดลอง แล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าไปเครื่องอ่านค่าแรงแบบตัวเลขดิจิทัล (สเตรทอินทรูเมนต์) เพื่ออ่านค่าแรงและแสดงผลเป็นตัวเลขดิจิทัลในหน่วยนิวตัน ตามภาพที่ 1 (ง)



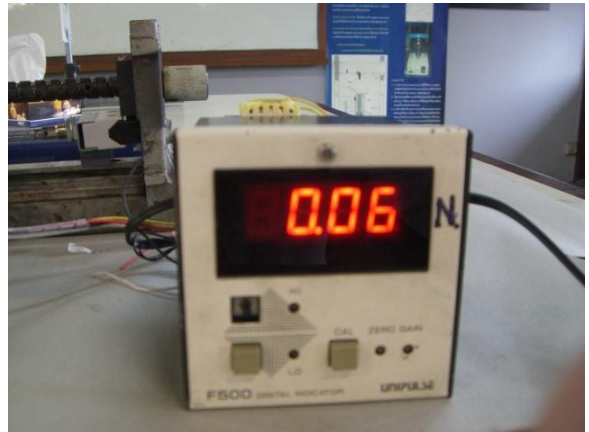
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 1 (ก) ชุดลากดึงในการทดลองพร้อมกับโต๊ะและตัวเลื่อน sled (ข) ชุดการควบคุมและปรับความเร็วสเต็ปมอเตอร์ไดร์เวอร์ IM483 (ค) โหลดเซลล์วัดแรงจากบริษัทเวอร์เนียร์ซอฟต์แวร์อเมริกา (ง) เป็นเครื่องอ่านค่าแรงแบบตัวเลขดิจิทัล

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต นำพื้นผิวหน้าสัมผัสของวัสดุคู่ที่ต้องการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตติดกับตัวเลื่อนและพื้นโต๊ะ ซึ่งมวลรวมของตัวเลื่อนและตุ้มน้ำหนักที่วางบนตัวเลื่อน แล้วคำนวณบันทึกเป็นน้ำหนัก ( $w$ ) แล้วทำการลากด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อวินาที จดบันทึกค่าแรงสูงสุดเมื่อตัวเลื่อนกำลังเคลื่อนที่จากเครื่องอ่านค่าแรงแบบตัวเลขดิจิทัล เป็นค่าแรงเสียดทานสูงสุด ( $f_{s(max)}$ ) จากนั้นเพิ่มมวลกดเพิ่มบนตัวเลื่อนทีละ 50 กรัม แล้วทำการ

ทดลองซ้ำจนครบ 350 กรัม นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างค่าแรงเสียดทานสูงสุด ( $f_{s(max)}$ ) กับน้ำหนักรวมของตัวเลื่อนและตุ้มน้ำหนักที่วางบนตัวเลื่อน ( $w$ ) เทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งสองด้วยสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น คือ  $y = mx + b$  โดยค่าความชันของกราฟที่ได้จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ( $\mu_s$ )

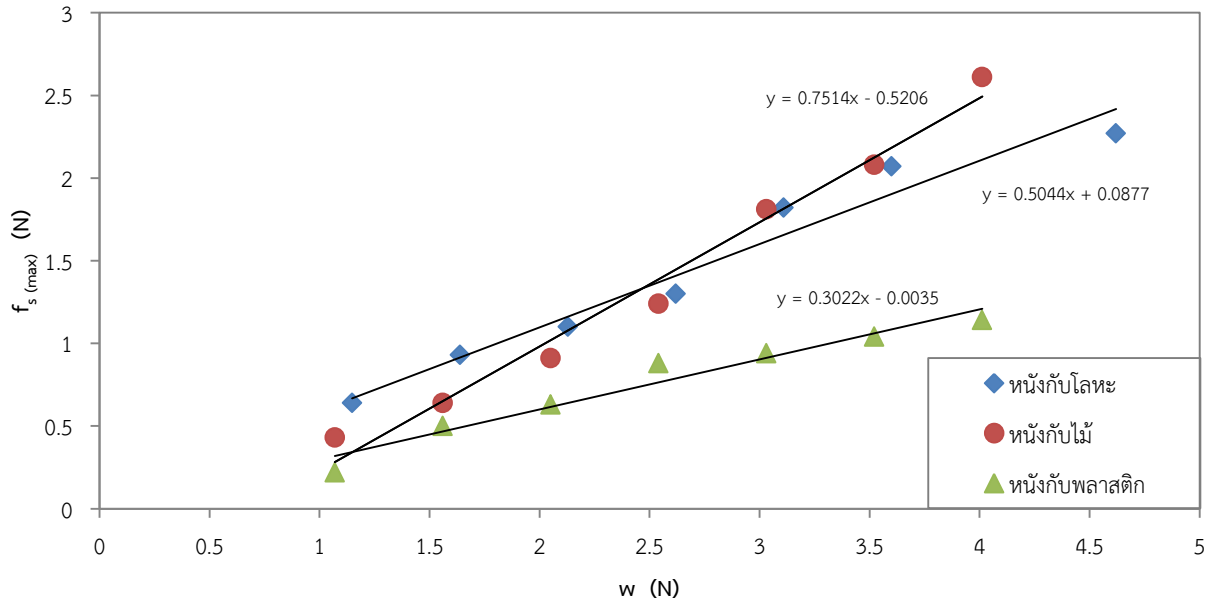
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของค่าแรงลากเลื่อนระหว่างพื้นผิวหน้าสัมผัสของวัสดุ 3 คู่ ได้แก่ หนังกบ โลหะ, หนังกบไม้ และหนังกบพลาสติก โดยใช้ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานแบบสถิต ให้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าแรงเสียดทานสูงสุด ( $f_{s(max)}$ ) น้ำหนักรวมของตัวเลื่อนและตุ้มน้ำหนัก ( $w$ ) สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการทดลอง และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ( $\mu_s$ )

ผิวหน้าสัมผัส วัสดุทดสอบ	น้ำหนักรวมของตัว เลื่อนและตุ้มน้ำหนัก $w$ (N)	ค่าแรงเสียดทานสูงสุด $f_{s(max)}$ (N)	สมการความสัมพันธ์ $y = mx + b$	สัมประสิทธิ์ ความเสียดทานสถิต $\mu_s$
หนังกบโลหะ	1.1478	0.64	$f_{s(max)} = 0.7514m - 0.5206$	0.7514
	1.6383	0.93		
	2.1288	1.10		
	2.6193	1.30		
	3.1098	1.82		
	3.6003	2.07		
	4.6205	2.27		
หนังกบไม้	1.0693	0.43	$f_{s(max)} = 0.5044m + 0.0877$	0.5044
	1.5598	0.64		
	2.0503	0.91		
	2.5408	1.24		
	3.0313	1.81		
	3.5218	2.08		
	4.0123	2.61		
หนังกบ พลาสติก	1.0693	0.22	$f_{s(max)} = 0.3022m - 0.0035$	0.3022
	1.5598	0.50		
	2.0503	0.63		
	2.5408	0.88		
	3.0313	0.94		
	3.5218	1.04		
	4.0123	1.14		

จากการผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มมวลกดบนตัวเลื่อน ค่าแรงสูงสุด ณ จุดที่วัตถุกำลังเริ่มเคลื่อนที่อ่านได้จากเครื่องอ่านค่าแรงแบบตัวเลขดิจิทัลตอลมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย โดยการอ่านค่าจากเครื่องอ่านค่าแรงแบบตัวเลขดิจิทัลตอลจะให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดและแม่นยำสูงกว่าการทดลองของ ครรชิตและคณะ (2557) เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง  $f_{s(max)}$  และ  $w$  ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า ค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้น โดยความชันของกราฟแสดง ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน<sup>[2],[3]</sup>



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงเสียดทานสูงสุด ( $f_{s(max)}$ ) กับน้ำหนักรวมของตัวเลื่อนและตุ้มน้ำหนัก ( $w$ )

### สรุป

จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตโดยใช้เครื่องมือที่ได้สร้างขึ้น พบว่า แรงเสียดทานสถิตและน้ำหนักของตัวเลื่อนและตุ้มน้ำหนักของพื้นผิวสัมผัสทั้ง 3 คู่ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้น ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน โดยค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิตระหว่างหนังกับไม้มีค่าสูงสุดและหนังกับพลาสติกมีค่าต่ำสุด โดยมีค่า 0.7514 และ 0.3022 ตามลำดับ

### เอกสารอ้างอิง

- [1] ครรชิต คำมูล, วิรัตน์ จันทร์กง และ ธิรุฒิ หงส์พิทักษ์ชน. (2557). การออกแบบและสร้างชุดทดสอบความเสียดทานสถิต. ปรินญาณิพนธ์อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ปีการศึกษา 2557.
- [2] Colwell, C.H. (n.d.) *Resource Lesson: Properties of Friction*. Retrieved January 25, 2016, From [http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=Dynamics\\_FrictionProperties.xml](http://dev.physicslab.org/Document.aspx?doctype=3&filename=Dynamics_FrictionProperties.xml)
- [3] *Friction theory and coefficients of friction for common material and materials combination*. Retrieved January 25, 2016, From [http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d\\_778.html](http://www.engineeringtoolbox.com/friction-coefficients-d_778.html)