



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

### การศึกษาการสึกหรอของ ใบเลื่อยที่ใช้ตัดน้ำแข็งแห้ง

#### Study on the wear of cutting saw blades for dry ice cutting

อมฤทธิ ปัตตบุตร<sup>\*</sup>, วชิระพงษ์ ระเบือนาม<sup>1</sup>, กฤษณา ฉาวร<sup>1</sup> ชานนท์ มุลวรรณ<sup>1</sup> และ ประยูร สุรินทร์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ เกษมบัณฑิต

<sup>2</sup>สาขาวิชาการผลิตขั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

E-mail: Amarit2536@gmail.com \*

Amarit Pattaboot \* Vacharapong Rabaenam<sup>1</sup> Kitsada Tavon<sup>1</sup> Charnont Moonwan<sup>1</sup> and Prayoon Surin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University

<sup>2</sup>Department of Advance Manufacturing Technology, Pathumwan Institute of Technology

E-mail: Amarit2536@gmail.com \*

#### บทคัดย่อ

การศึกษาการสึกหรอของใบเลื่อยที่ใช้ตัดน้ำแข็งแห้ง ใบเลื่อยทำจากเหล็กกล้า เกรด SKD4 BH21 ตามมาตรฐาน ASTM G99 การตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีประกอบด้วย คาร์บอน 0.35wt%, ซิลิคอน 0.4wt%, โครเมียม 3.25wt%, โมลิบดีนัม 1.25wt%, วานาเดียม 0.4wt%, แมงกานีส 0.4wt%, นิกเกิล 0.44wt% ทดสอบด้วยวิธี Ball-on-Disk ตามมาตรฐาน ASTM G99 ถูกใช้ในการจำลองการขึ้นรูปโลหะเพื่อใช้ศึกษาสมบัติทางไทรบอโลยี ระหว่างผิวคู่สัมผัสเหล็กกล้าเครื่องมือเย็บกับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษการทดสอบใช้เงื่อนไขเดียวกันกับการขึ้นรูปโลหะ โดยขึ้นทดสอบบอลขนาด 5 มิลลิเมตร ทำจากเหล็กกล้าเครื่องมือเย็บเกรด SKD11 (JIS) ชุบแข็งได้ค่าความแข็งเท่ากับ 59HRC ค่าความหยาบผิว Ra เท่ากับ 0.0574 ไมโครเมตร แผ่นจานทดสอบขนาด 30 มิลลิเมตร ทำจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษเกรด SPFC 980Y (JIS) ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างผิวคู่สัมผัสที่ใช้ในการทดสอบกำหนดให้เท่ากับความเร็วที่ใช้ในการขึ้นรูปโลหะเท่ากับ 10 มิลลิเมตรต่อวินาที แรงกระทำระหว่างผิวคู่สัมผัสเท่ากับ 10 นิวตัน ทำการทดสอบทั้งกรณีใช้สารหล่อลื่นและไม่ใช้สารหล่อลื่น ผลการทดสอบพบว่าสารหล่อลื่นที่ใช้ในการทดสอบช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานได้มากกว่า 6 เท่า เมื่อเทียบกับกรณีไม่ใช้สารหล่อลื่น ผลจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ลดลงส่งผลให้ปริมาณการสึกหรอของบอล SKD11 ลดลงด้วย

คำสำคัญ การสึกหรอ ใบเลื่อย การตัดน้ำแข็งแห้ง



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต รมเกล้า

## ABSTRACT

Study on the wear of cutting saw blades for dry ice cutting. Saw blade made of SKD4 BH21 grade steel according to ASTM G99 The chemical composition of the mixture is 0.35wt% carbon, 0.4wt% silicon, 3.25wt% chromium, 1.25wt% molybdenum, 0.4wt vanadium%, manganese 0.4wt%, nickel 0.44wt% Ball-on-Disk tests according to ASTM G99 are used to simulate metal forming for trigonometric properties. Cold contact with steel, high strength steel The test uses the same conditions as metal forming by 5 mm ball test pieces made of cold steel grade SKD11 (JIS).The hardness was 59HRC. The surface roughness Ra was 0.0574  $\mu\text{m}$ . The 30 mm test plate is made of high strength SPFC 980Y grade (JIS) The relative velocity of the contact surface used in the test is equal to the speed used in the metal forming process of 10 millimeters per second. The action between the contact surface is equal to 10 Newton. Lubricant and lubricant testing The test results showed that the lubricant used in the test reduced the wear resistance coefficient by more than six times compared to the non-lubricant. As a result of reduced friction coefficient, the wear of SKD11 was reduced .

Keywords : The wear of cutting Blades Dry ice cutting.

### 1. บทนำ

เหล็กกล้าที่ใช้สำหรับทำเครื่องมือ หรือตัดวัสดุต่างๆ เหล็กกล้าเครื่องมือจัดเป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนและธาตุผสมอื่นๆ ในปริมาณสูง เพื่อให้มีความสามารถในการชุบแข็งสูง และเพื่อสร้างคาร์ไบด์ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอและการกัดกร่อนใบเลื่อยเหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel:HSS) เป็นวัสดุที่ถูกพัฒนาขึ้นมาแทนที่ High Carbon Steel ประมาณช่วงปี ค.ศ 1910 โดยบริษัท Crucible Steel โดยการเอาโลหะเช่น Mo (Molybdenum), W (Tungsten), Co (Cobalt)

เป็นต้น ผสมใน เหล็กคาร์บอน (Fe+C) เพื่อเพิ่มความแข็งและทนทานต่อความร้อนได้ดีขึ้นในระหว่างการตัดเฉือน โลหะของเครื่องมือตัด

ในอดีตผู้เขียนเข้าใจว่าส่วนผสม Co ที่อยู่ใน HSS นั้นเป็นตัวกำหนดคุณภาพ HSS ยิ่งดีขึ้นแต่ก็ไม่ควรเกินไป พอได้มาศึกษาทำความเข้าใจมากขึ้นก็ถึงรู้ว่า HSS นั้นมีหลายสูตรผสม บางตัวไม่มีปริมาณ Co ผสม อยู่เลย ทาง ASTM (มาตรฐานอเมริกา) ได้แบ่งกลุ่ม HSS ออกเป็นกลุ่มที่ผสมกับ Tungsten และกลุ่มที่ผสมกับ Molybdenum ให้เรา



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต รมเกล้า

เข้าใจมากขึ้น แต่ไม่ต้องไปลึกซึ้งมากดีกว่าครับ  
เพราะเราเน้นความเข้าใจเพื่อนำไปใช้งานจริง  
งานศึกษาโครงการวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อการ  
ทดสอบเพื่อศึกษาการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสที่  
เคลื่อนที่สัมผัสกันของใบเลื่อย ทดสอบด้วยวิธี  
Ball-on-Disk ตามมาตรฐาน ASTM G99 ถูกใช้ใ  
การจำลองการขึ้นรูปโลหะเพื่อใช้ศึกษาสมบัติทาง  
ไทรบอโลยี ระหว่างผิวคู่สัมผัสเหล็กกล้าเครื่องมือ  
เย็นกับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ

BH21 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบมาตรฐานส่วนผสม  
กัน ได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2-2 แสดงมาตรฐานส่วนประกอบทางเคมี  
ของเหล็กเกรด SkD4 BH21

เหล็กกล้า เครื่องมือ	C	Cr	Mn	Mo	Ni	Si	V
SkD4	0.25-	2.25-	0.10-	0.60-	0.1-	0.1-	0.1-
BH21	0.35	3.25	0.40	1.25	0.4	0.4	0.4

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ข้อมูลพื้นฐานการผลิตของโรงงาน

เป้าหมายคือการศึกษาสมบัติเชิงกลและทาง  
กายภาพของใบเลื่อยตัดน้ำแข็งแข็ง ในชิ้นส่วนของ  
ใบเลื่อย โดยมีเหล็กดังกล่าวมีมาตรฐาน AISI M42  
ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีดังตารางที่ 2  
ตารางที่ 2-1 แสดงมาตรฐานส่วนประกอบทางเคมี  
ของเหล็กเกรด AISI M42

เหล็กกล้า เครื่องมือ	C	Cr	Mn	Mo	Ni	Si	V
M42	0.3	2.5	0.3	1.0	0.4	0.2	0.3

ซึ่งวัสดุดังกล่าวมีองค์ประกอบทางเคมีที่เทียบเคียง  
ได้กับเหล็กกล้าเครื่องมือ Alloy Steels เกรด SkD4

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบเลื่อย  
พบว่า บริเวณตัวใบเลื่อยมีสารประกอบทางเคมีมาก  
ที่สุด รองลงมาคือปลายใบเลื่อยและฟันเลื่อย  
ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ความแข็งของใบเลื่อย  
พบว่าบริเวณฟันของใบเลื่อยมี หังสเดนคาร์ไบด์  
(WC) โครเมียมคาร์ไบด์ (CrC) ทำให้ใบเลื่อยมี  
ความแข็งแรงสูงและทนการเสียดสีได้ดี

### 2.2 กลไกการสึกหรอ

กลไกการสึกหรอ (Wear Mechanisms)

สามารถแบ่งประเภทของการสึกหรอออกเป็น 4

ลักษณะคือ

#### 1. การสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive

Wear) เกิดจากการสัมผัสกันของยอดแหลมของเนื้อ  
วัสดุ ซึ่งทำให้เกิดชั้นของเนื้อวัสดุที่เชื่อมติดเข้า  
ด้วยกัน และขาดออกจากกัน การสึกหรอแบบนี้มัก



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต รมเกล้า

เกิดจากการเคลื่อนที่แบบเลื่อนไถล และการหล่อลื่น  
ไม่เพียงพอ มักเกิดเศษโลหะขึ้นระหว่างผิวสัมผัส

2. การสึกหรอแบบขูดขีด (Abrasive  
Wear) เกิดจากการที่เนื้อวัตถุหลุดหายไปอัน  
เนื่องมาจากถูกขูดขีดหรือถูกขูดเป็นร่องลึก (2-body  
Abrasion) หรือเกิดจากการที่มีเศษโลหะที่มีความ  
แข็งมากๆ แทรกอยู่ระหว่างผิวสัมผัส (3-body  
Abrasion) ทั้งนี้การสึกหรอแบบนี้มักเป็นผล  
เนื่องมาจากการสึกหรอแบบยึดติดด้วย

### 2.3 เครื่องมือทดสอบการสึกหรอ

เครื่องมือทดสอบการสึกหรอที่ใช้ในการ  
จำลองการสึกหรอแบบต่างๆมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ  
เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับลักษณะการใช้งาน  
จริง แต่เนื่องจากข้อจำกัดหลายๆอย่าง เช่น ค่าใช้จ่าย  
ระยะเวลา ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ต้องทดสอบการสึก  
หรอของใบเลื่อยตัดน้ำแข็งบนเครื่องทดสอบ โดย  
เครื่องมือทดสอบมีการพัฒนาหลักการเคลื่อนที่ให้  
ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง โดยมีมาตรฐานสากล  
เป็นที่ยอมรับ เช่น ASTM, ASME IOS เป็นต้น

เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบพินออนดิสก์  
(Pin-on-Disc Wear Tester) เป็นการทดสอบกลไก  
การสึกหรอ ซึ่งนิยมใช้ในห้องทดสอบมากที่สุด โดย  
หลักการของเครื่องทดสอบนี้คือการใช้หมุด (Pin)  
กดลงบนแผ่นจาน (Disc) โดยวัสดุจะเป็นชนิด  
เดียวกันหรือต่างชนิดกัน แต่จะมีข้อกำหนดคือ  
ชิ้นงานต้องมีขนาดที่แน่นอน และสามารถทนความ  
เค้น (Stress) ที่เกิดขึ้น โดยไม่เกิดการโก่งงอ

โดยทั่วไปชิ้นงานที่เป็นหมุด จะมีรูปทรงเป็น  
ทรงกระบอก หรือทรงกลมซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง  
ตั้งแต่ 2-10 มิลลิเมตร และชิ้นงานที่แผ่นจานมีเส้น  
ผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 30-100 มิลลิเมตร และมีความ  
หนาอยู่ในช่วง 2-10 มิลลิเมตร ชิ้นงานต้องมีความ  
หยาบผิวประมาณ 0.8 ไมครอน เพื่อให้เกิดการ  
เคลื่อนที่แบบเลื่อนไถล โดยสามารถปรับแรงกด  
ความเร็วรอบของแผ่นจานและเวลาในการทดสอบ  
ให้เหมาะสมได้ และภายหลังจากการทดสอบจะมี  
การชั่งน้ำหนักที่หายไปของหมุดและแผ่นจาน เพื่อ  
พิจารณาวัสดุคู่สัมผัสว่าวัสดุชนิดใดเกิดการสึก  
หรอก่อนกัน หรือ สามารถนำเอาเศษโลหะจากการ  
สึกหรอไปวิเคราะห์รูปร่าง ลักษณะของอนุภาคการ  
สึกหรอ รวมไปถึงค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่  
เกิดขึ้นในขณะทดสอบด้วย

### 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) M.Sarwar และคณะ, 2007 ได้ศึกษาการ  
สึกหรอและความผิดพลาดในการทำงานของใบ  
เลื่อยเมื่อตัดเหล็กกล้าไร้สนิม 17-7, เป็นการศึกษา  
การทดลองเกี่ยวกับแรงตัด และพลังงานตัดเกี่ยวข้องกับ  
การสึกหรอของใบเลื่อยชนิดเหล็กกล้าความเร็ว  
สูง (HSS) อย่างรวดเร็วกับใบเลื่อยที่ตัด 17-7 เหล็ก  
กล้าเหล็ยเหล็กกล้าไร้สนิม 17-7 ซึ่งมีวิธีการที่  
แตกต่างกันหลายรูปแบบเพื่อการประเมินความสึก  
หรอและกลไกการทำงานของเครื่องเลื่อยให้ทางาน  
ต่อไปอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวข้างต้นเพื่อกำหนด  
พารามิเตอร์ในการทดลองได้แก่ อัตราป้อนใน  
แนวตั้ง 12 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วตัดใน



การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

แวนอน 50 เมตรต่อนาที และอัตราป้อนลึกต่อพื้น 2.8 ไมโครเมตร พบว่า การเปลี่ยนแปลงในรูปทรงเรขาคณิตบริเวณขอบตัดนำไปสู่การเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นของแรงในการตัด และจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานตัดเฉพาะ นอกจากรัศมีขอบตัดเพิ่มขึ้นตามการสึกหรอเพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุเกิดการกำจัดเนื้อโลหะที่บริเวณตัดเฉือน โดยการผสมผสานกันของการไถ (ploughing) และการเกิดเศษขี้เลื่อยแบบไม่ต่อเนื่อง รูปแบบการสึกหรอจะแสดงในรูปอัตราส่วนของแรงการตัดเฉือนเป็นวิธีการสำหรับการไถแบบสมบูรณ์และพลังงานในการตัดเฉือนที่กำหนดที่เพิ่มขึ้น

## 2) Sarwar M. และคณะ, 2009 ได้ศึกษา

การวัดพลังงานตัดเฉพาะสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของการเลื่อยแบบสายพานในวัสดุชิ้นงานที่แตกต่างกันโดยใช้วัสดุในการวิจัยได้แก่ เหล็กกล้าลูกปืน (Ball bearing steel) เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) และโลหะผสม (Ni-Cr-Mo steel) โดยใช้ใบเลื่อยชนิดเหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วตัด 80 50 และ 45 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 32 12 และ 22 มิลลิเมตรต่อนาที และอัตราป้อนต่อพื้น 4.7 2.8 และ 5.7 ไมโครเมตร ผลการศึกษาพบว่า การวัดพลังงานตัดเฉพาะ (ESP) ที่ใช้ในการตัดวัสดุที่แตกต่างกัน การเสื่อมสภาพ / การลดลงหรือการสึกหรอของมุมคมตัด (รัศมีของมุมคมตัดที่ใหญ่กว่าหรือมุมหลบด้านข้าง) ESP มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ การวัด ESP แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่

กำหนดความสัมพันธ์ขั้นตอนต่างๆ ของเงื่อนไขการสึกหรอและเงื่อนไขของมุมตัด มีต่อสมรรถนะของเลื่อยสายพาน การเพิ่มขึ้นของค่า ESP อย่างรวดเร็วในการเลื่อยชิ้นงานเหล็กกล้าลูกปืน (Ball bearing steel) และเหล็กกล้าไร้สนิม แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ลักษณะการแปรรูปด้วยเครื่องมือกลที่ค้อยลงของวัสดุทั้งสองชนิด

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 ขั้นตอนการทดสอบ

- 1) ในการศึกษาวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาการทดสอบเพื่อศึกษาการสึกหรอของผิวคู่สัมผัสที่เคลื่อนที่สัมผัสกันของใบเลื่อย ทดสอบด้วยวิธี Ball-on-Disk ตามมาตรฐาน ASTM G99 ถูกใช้ในการจำลองการขึ้นรูปโลหะเพื่อใช้ศึกษาสมบัติทางไทรบอโลยี ระหว่างผิวคู่สัมผัสเหล็กกล้าเครื่องมือเย็นกับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษการทดสอบใช้เงื่อนไขเดียวกับการขึ้นรูปโลหะโดยขึ้นทดสอบบอลขนาด 5 มิลลิเมตร
- 2) ตัดชิ้นงานใบเลื่อยให้มีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมหรือวงรี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25-30 มิลลิเมตรดังแสดงในรูป



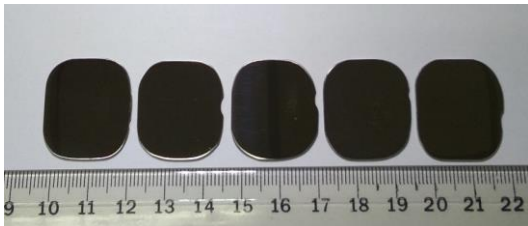
การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต รมเกล้า



ชิ้นงานไบเล็ดยูรูปร่างสำหรับทดสอบ

3) นำมานำชิ้นงานไปขัดด้วยกระดาษทราย เบอร์ 100 240 320 400 600 800 1000 1200 และ 2400 ตามลำดับ

4) ขัดมันผิวหน้าชิ้นงานให้เรียบด้วยผ้าสักหลาด โดยใช้ผงขัดชนิดผงเพชร ขนาด 9 6 3 และ 1 ไมครอนตามลำดับ



ชิ้นงานหลังจากเตรียมผิวให้เรียบก่อนทดสอบ

5) นำชิ้นงานไปแช่น้ำหนักก่อนทดสอบ เพื่อวัดการสูญเสียเนื้อโลหะจากการทดสอบ

6) สำหรับลูกบอลทดสอบใช้ลูกปืนเกรด SKD11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร



ลูกบอล SKD11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรที่ใช้ในการทดสอบ

### 3.2 การทดสอบการสึกหรอ

1) การทดสอบการสึกหรอแบบไถในสภาวะไร้สารหล่อลื่น (Dry Sliding Condition)

กระทำโดยใช้ชุดทดสอบแบบ Pin-on-Disk ดังแสดงในรูปที่ 5-6 ดังแสดงในรูปที่ วิธีการทดสอบอ้างอิงมาตรฐาน ASTM G99 โดยกำหนดค่าดังนี้

-ระยะทางทดสอบ 500 เมตร

-รัศมีการหมุน 5 มิลลิเมตร

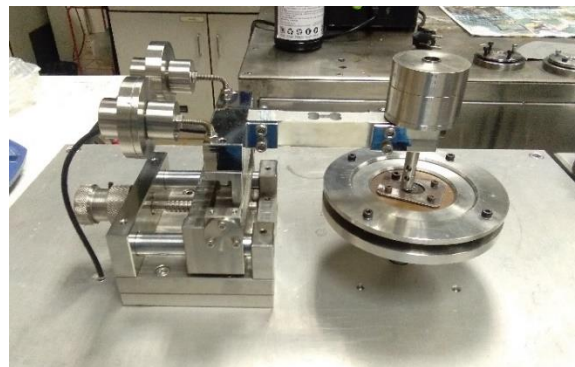
-อัตราเร็ว (Speed) 191 rpm

-อุณหภูมิทดสอบ 25 °C

-ความชื้นสัมพัทธ์ 60%

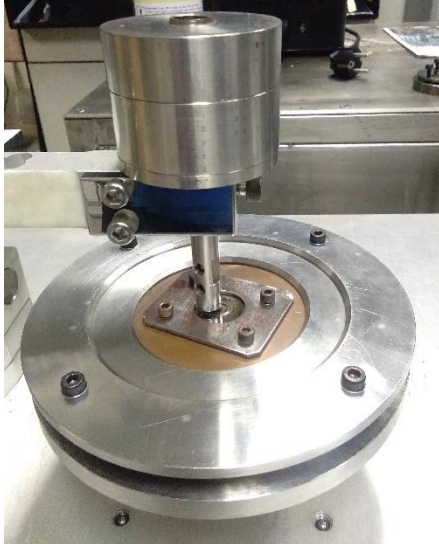
-แรงกด 10 นิวตัน เป็นระยะทาง 500 เมตร

แรงเสียดทานถูกบันทึกค่าอย่างต่อเนื่องตลอดการทดสอบ ในขณะที่ทำการทดสอบต้องปิดครอบด้วยกล่องหรือที่กัน เพื่อควบคุมความชื้นและอุณหภูมิทดสอบ นอกจากนั้นยังป้องกันฝุ่นละอองหรือสารแปลกปลอมตกลงบนชิ้นงานทดสอบ





การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า



การทดสอบการสึกหรอแบบไถลในสภาวะไร้สารหล่อลื่น (Dry Sliding Condition)

#### 4. ผลการทดลอง

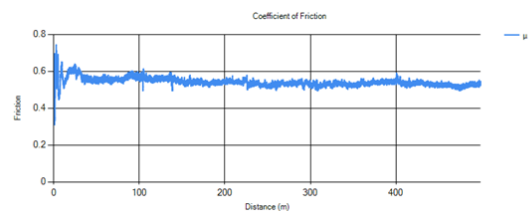
จากผลการทดสอบทำการนำค่าในช่วงการทดสอบที่มีค่าคงที่ (กราฟมีลักษณะเส้นตรงแนวนอน) มาทำการคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยเลือกผลการทดสอบจำนวน 3 ค่า ที่มีค่าใกล้เคียงกันและผลการทดสอบสมบูรณ์ (จากการทดสอบ 5 ครั้ง) โดยผลการทดสอบพบว่า ชิ้นงานไบเล็ยมีค่าเฉลี่ยแรง

เสียดทานเท่ากับ 5.82 และคำนวณได้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานเฉลี่ย เท่ากับ 0.582 ผลการทดสอบดังตาราง

ชื่อตัวอย่าง	แรงเสียดทาน (f)	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ( $\mu$ )
Saw Blade 1	5.37	0.537
Saw Blade 2	5.75	0.575
Saw Blade 3	6.33	0.633
ค่าเฉลี่ย	<b>5.82</b>	<b>0.582</b>

#### 4.1 ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทาน

1

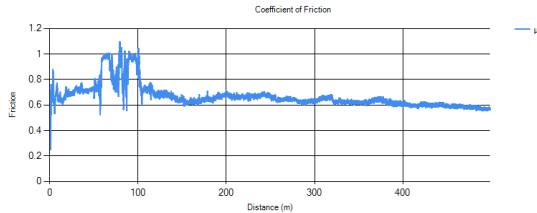


ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับระยะทางที่ทดสอบของตัวอย่างที่ 1



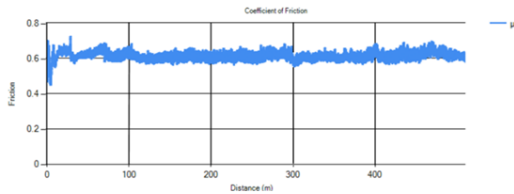
การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

2



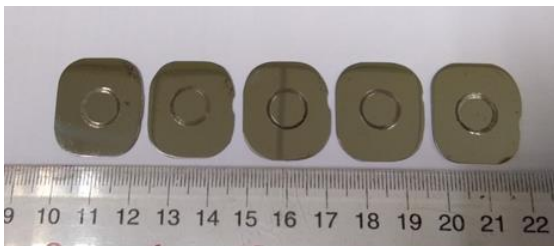
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับระยะทางที่ทดสอบของตัวอย่างที่ 2

3



ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทานกับระยะทางที่ทดสอบของตัวอย่างที่ 3

4



ชิ้นงานหลังทดสอบไทรบอโลยี ของใบเลื่อย

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของโรงงานสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ ดังต่อไปนี้

จากการจำลองการทำงานบนเครื่อง Ball-on-Disk ตามมาตรฐาน ASTM G99 เพื่อศึกษาพฤติกรรมทางไทรบอโลยี ระหว่างผิวคู่สัมผัสวัสดุลูกบอลกับแผ่นใบเลื่อยตัดน้ำแข็ง ซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบทางไทรบอโลยีสามารถนำไปเป็นข้อมูลเพื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่สามารถวัดได้ การจำลองการทำงานบนเครื่อง Ball-on-Disk และ FEM นอกจากค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่สามารถวัดได้โดยตรงแล้ว การทดสอบด้วยวิธีนี้ยังใช้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารหล่อลื่นหรือการปรับสภาพผิวของชิ้นทดสอบแต่ละชนิดได้ด้วยการเปรียบเทียบปริมาณการสึกหรอของชิ้นทดสอบ

## เอกสารอ้างอิง

1] Bhadpiroon Sresomroeng, Komgrit Lawanwong, Varunee Premanond, Ratchnee Hato, Pongpan Kaewtatip Anak Khanchawana and Nobuhiro Koga. 2009, 'Tribological behavior of thin film coatings against high strength steels' Int. J. Abrasive Technology, Vol. 2, No. 3, pp. 313-328.

[2] B. Sresomroeng, V. Premanond, P. Kaewtatip, A. Khantachawana, N. Koga and S. Watanabe, 2010, 'Anti-adhesion performance of various nitride and DLC films against high strength steel in metal forming operation', Diamond & Related Materials, Vol. 19, pp. 833-836.





การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2  
The 2<sup>nd</sup> Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society  
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

[3] F .Majdic,I.Velkavrh,  
M.Kalin,2013,'Improving  
theperformanceofaproportional4/3water-  
hydraulicvalve byusingiamond-like-  
carboncoating' ,Wear , Vol.297 ,pp. 1016-1024

[4] Bhadpiroon Sresomroeng, Varunee Premanond,  
Pongpan kaewtatip, Anak Khantachawana and  
Nobuhiro Koga. 2010, 'Evaluation of Ti-Based  
Ceramic Coated Tools to Reduce Adhesion in U-  
Channel Forming Process of High Stregth Steel' ,  
Steel Research int., Vol.81 No. 9, pp.829-932.

[5] J.M. Fildes, S.J.Meyers, C.P.Mulligan,  
R.Kilaparti, (2013), 'Evaluation  
ofthewearandabrasionresistanceofhardcoatingsby  
ball-on-three-disk test methods – A  
casestudy' ,Wear , Vol. 302, pp. 1040-1049.

[6] M.Sarwar และคณะ, 2007 ได้ศึกษาการสึกหรอ  
และความผิดพลาดในการทำงานของใบเลื่อยเมื่อตัด  
เหล็กกล้าไร้สนิม 17-7

[7] Sarwar M. และคณะ, 2009 ได้ศึกษาการวัด  
พลังงานตัดเฉพาะสำหรับการประเมินประสิทธิภาพ  
ของการเลื่อยแบบสายพานในวัสดุชิ้นงานที่แตกต่าง  
กัน

[8] Sarwar M. และคณะ, 2005 ได้ศึกษาการสึกหรอ  
และความผิดพลาดในการเลื่อยด้วยใบเลื่อยเมื่อใช้  
ตัดดัดลูปกับ

[9] Sarwar M. และคณะ, 2010 ได้ศึกษาการสึกหรอ  
และกลศาสตร์กระบวนการตัดของใบเลื่อย สำหรับ  
อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก

[10] สุรสิทธิ์ แก้วพระอินทร์, โลหะวิทยาเบื้องต้น.  
กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2553. หน้า 133-147

[11] เทพนารินทร์ ประพันธ์พัฒน์ และขจรศักดิ์ สิริ  
มัย, โลหะวิทยาในงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ:  
สกายบุ๊กส์, 2538. หน้า 176.

[12] ชวลิต เชิงกุล, โลหะวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 5.  
กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),  
2547. หน้า 144-155.