

การเปรียบเทียบพฤติกรรมการสึกหรอเหล็กสแตนเลส 316 สำหรับการสร้างสมการพยากรณ์เกี่ยวกับอายุการใช้งาน Comparison the Wear Behavior of Stainless Steel 316 for Prediction Equation of Tool Life

ปริญญ์ ศรีสัตยกุล^{1*} ภาณุเดช แสงสีด้า¹ สุธรรม ศิวาวุธ¹ ศิริพร ตั้งวิบูลย์พาณิชย์²

Parinya Srisattayakul¹ Panudet Saengseedam¹ Sutham Siwawut¹ Siriporn Tangwiboonpanich²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

²สาขาวิชาเครื่องกลและอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

¹Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep

²Department of Mechanical Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,

Sakon Nakhon Rajabhat University

*Corresponding author Email: parinya.sr@mail.rmutk.ac.th

Received 12 May 2021, Accepted 9 September 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316 ด้วยการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM-G65 เพื่อพิสูจน์ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอกับเม็ดทรายที่มีความแตกต่างกัน 2 ขนาด ได้แก่ 35 และ 48 เมช ซึ่งเป็นเสมือนตัวบ่งชี้ถึงอายุการใช้งานของเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316 ในสภาวะการสึกหรอชนิดแบบถูครูดแห้ง ในการทดสอบการสึกหรอนี้ โดยใช้ชิ้นงานทดสอบ คือ เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316 ขนาด 15×40×3 มิลลิเมตร ทำการทดสอบกับล้อยางวัสดุโพลียูรีเทน ความหนา 20 มิลลิเมตร ด้วยความเร็วรอบล้ออย่าง 360 รอบต่อนาที โดยมีน้ำหนักกด 2 ขนาด คือ 5 และ 10 กิโลกรัม ระยะเวลาในการทดสอบ 4 ช่วงเวลา ได้แก่ 30 60 90 และ 120 วินาที ผลการตอบพบว่า การสึกหรอสภาพผิวลักษณะแบบถูครูดแห้งขนาดเม็ดทราย 48 เมช จะมีความรุนแรงมากกว่าการสึกหรอสภาพผิวลักษณะแบบถูครูดแห้งขนาดเม็ดทราย 35 เมช นอกจากนี้ การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอสามารถสร้างสมการพยากรณ์เกี่ยวกับอายุการใช้งานได้ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการเชิงวิศวกรรม

คำสำคัญ: พฤติกรรมการสึกหรอ การสึกหรอรูปแบบถูครูด อายุการใช้งาน

Abstract

The objective of this research was to study the wear behavior of stainless steel 316 using ASTM-G65 testing standard to investigate its capacity to resist its wear after being grazed by two different sizes of sand: 35 and 48 mesh. Its wearing capacity indicates the tool life of stainless steel 316 under dry abrasive wear condition. The specimens for the experiment was the 15×40×3 mm stainless steel. It was rubbed

against 20 mm polyurethane wheel with the spindle speed of 360 rpm with two different loads, 5 kg. and 10 kg. The test lengths were 30, 60, 90 and 120 minutes. The study revealed that the surface wear of dry sand abrasive wear gazed by 48 mesh sand was more damaged than that gazed by 35 mesh sand. A study of wear behaviors can create the prediction equation of tool life by applying engineering principles.

Keywords: Wear behavior, Abrasive wear, Tool life.

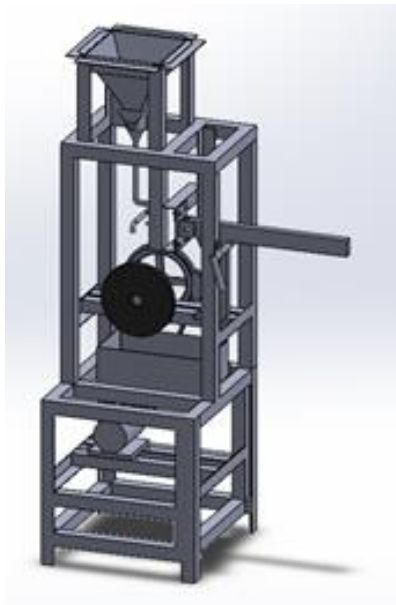
บทนำ

เนื่องจากอุตสาหกรรมเป็นการดำเนินงานที่ต้องใช้ทั้งคนและเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยส่วนใหญ่จะประสบปัญหาเกี่ยวกับชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทุกชนิดเกิดการชำรุดเสียหายขณะใช้งาน ทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตามเป้าหมายปัญหาดังกล่าวนี้อาจเกิดจากการสึกหรอสะสมของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในขณะใช้งานจนทำให้ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกิดความเสียหายจนใช้งานไม่ได้ โดยการสึกหรอรูปแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าชิ้นส่วนเครื่องจักรกลหากไม่ได้รับการแก้ไขได้ทันอาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนอื่นๆ ได้ เนื่องจากการใช้งานส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานในสภาวะที่ต้องมีการสัมผัสผิวหน้าระหว่างกันของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล พร้อมทั้งรับแรงกระทำต่างๆ หลายทิศทางอีกด้วย ในอดีตที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอมากมาย ทั้งในการศึกษาในด้านสมบัติเชิงกล (Mechanical Property) และด้านโครงสร้างวัสดุ (Material Structure) อาทิเช่น วัฒนพร และคณะ (2556) [1] ศึกษาผลของเวลาในการอบที่มีต่อความต้านทานการสึกหรอแบบขัดสีและสมบัติเชิงกลของเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกเวลาที่เหมาะสมสำหรับการอบออสเทนไนต์ไชนิง ในงานวิจัยนี้เริ่มจากการนำเหล็กหล่อเหนียวไปอบออสเทนไนต์ไชนิงที่ 900°C ด้วยเวลา 30 60 และ 90 min แล้วชุบออสเทมเปอร์ลงในเกลือหลอมเหลวที่ 280°C และ 360°C ด้วยเวลา 60 90 และ 120 min จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้มาตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แสงสะท้อน ตรวจสอบวิเคราะห์หาเฟสออสเทนไนต์ที่ปรากฏและวิเคราะห์โครงสร้างเชิงปริมาณโดยใช้เทคนิค การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ทดสอบความต้านทานการขัดสีด้วยเครื่องทดสอบขัดสีอย่างตาม มาตรฐาน ASTM G65 (ชนิดสามวัตถุ) และตรวจสอบพื้นผิวที่ผ่านการขัดสีด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรวมทั้งทดสอบหาสมบัติทางกลทั่วไป ได้แก่ความแข็งและการดูดซับ แรงกระแทก ผลการศึกษาพบว่าชิ้นงานที่ผ่านการชุบออสเทมเปอร์มีความแข็ง และความต้านทานการสึกหรอสูงกว่าชิ้นงานในสภาพหลังการหล่อและค่าความแข็งของเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาอบออสเทนไนต์ไชนิงนานขึ้นคือจาก 30 ไปเป็น 60 และ 90 min ส่วนเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ที่อบออสเทนไนต์ไชนิงเหมือนกัน แต่ชุบออสเทมเปอร์ในอุณหภูมิต่างกัน ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิชุบออสเทมเปอร์สูงขึ้นจาก 280°C ไปเป็น 360°C นอกจากนี้ ความแข็งมีค่าลดลงตามเวลาชุบออสเทมเปอร์นานขึ้น คือ จาก 60 ไปเป็น 90 และ 120 min เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนเฟสเป็นออสเฟอไรต์มากขึ้นและออสเทนไนต์มีเสถียรภาพมากขึ้น ปริมาณมาร์เทนไซต์ลดลง สำหรับปริมาตรการสึกหรอนั้นพบว่าค่าลดลง เมื่อใช้เวลาอบออสเทนไนต์ไชนิงนานขึ้น คือ จาก 30 ไปเป็น 60 และ 90 min โดยเหล็กหล่อเหนียวออสเทมเปอร์ที่อบออสเทนไนต์ไชนิงสั้น คือ 30 min มีปริมาตรการสึกหรอมากที่สุด และพบเฟอไรต์ ประเภท Allotriomorph จำนวนมาก ซึ่งอยู่ในโครงสร้างพื้นฐาน ทำให้ความแข็งต่ำสุดและเกิดการสึกหรอมากที่สุด พื้นผิวการสึกหรอของชิ้นงานทดสอบแสดงให้เห็นว่ากลไกการสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นลักษณะของการเกิดรอยแตก รอยไถ และรอยเฉือน โดยพบว่ารอยแตกมีจุดเริ่มต้นมาจากรอยต่อระหว่างเกรไฟต์และเนื้อพื้นผิว ช่วงเวลาต่อมา สุพร และคณะ (2556) [2] ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอแบบขัดสีของชิ้นผิวแพร์โดยการ Pack Cementation บนเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยส่วนผสมทางเคมีของการ Pack Cementation ประกอบด้วยเฟอร์โรซิลิคอน 42%W ทราาย 17%W แอมโมเนียคลอไรด์ 3%W ดินเหนียว 12%W น้ำแก้ว 26%W โดยใช้อุณหภูมิการอบชุบ 950°C กับ 1050 °C และเวลาอบชุบ 20 กับ 30 hr จากนั้นทำการวิเคราะห์โครงสร้างชิ้นผิวแพร์ด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนและทำ

การทดสอบความแข็งผิวแพร่แบบวิกเกอร์ ส่วนการทดสอบการสึกหรออยู่ภายใต้มาตรฐาน ASTM G65 ด้วยเครื่องทดสอบแบบล้ออย่าง ผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าที่อุณหภูมิอบชุบ 1050 °C ณ เวลาอบชุบ 20 hr มีค่าความแข็งชั้นผิวแพร่สูงสุดโดยเฉลี่ย 394.26 HV_{0.02} อัตราการสึกหรอต่ำสุดโดยเฉลี่ย 0.0751 กรัม ลักษณะการสึกหรอเป็นรูปแบบร่องลึก ส่วน ณ เวลาอบชุบ 30 hr ชั้นผิวแพร่สูงสุดโดยเฉลี่ย 910 µm โครงสร้างที่เกิดในชั้นผิวแพร่ประกอบด้วย Fe₃Si₃, α_1 และ α Fe ในช่วง 2-3 ปี ถัดมา จงกล (2559) [3] ศึกษากระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งสำหรับอุปกรณ์งานดินการเกษตรเพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน ในการศึกษาใช้ชิ้นงานทดสอบเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน SS400 ในการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยลวดเชื่อมทั้งสเตนคาร์ไบด์ จำนวน 3 ชั้นผิวเคลือบ จากนั้นการทดสอบการสึกหรอตามมาตรฐาน ASTM-G65 ผลการศึกษาพบว่าในการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊สอะซีทีลีนนั้น จะมีการกระจายตัวของเม็ดทั้งสเตนคาร์ไบด์อย่างสม่ำเสมอตลอดแนวเชื่อม โครงสร้างจุลภาคของโลหะเชื่อมจะประกอบด้วยเฟอร์ไรต์และเฟอร์ไรต์ที่มีเกรนละเอียด ทั้งนี้จำนวนชั้นของการเชื่อมจะส่งผลต่อคุณสมบัติทางกลของชิ้นงานเชื่อมอีกด้วย เนื่องมาจากปัญหาด้านการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในภาคอุตสาหกรรมยังคงเป็นปัญหาสำคัญ เพราะในการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนเครื่องจักร ส่วนใหญ่มักจะเป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ในจุดที่เกิดการสึกหรอหรือเสียหายมากกว่าการซ่อมแซมชิ้นส่วนนั้นๆ เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ จึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากในทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรง คือ การเสียค่าใช้จ่ายเพื่อสั่งซื้อชิ้นส่วนใหม่ และค่าดำเนินการต่างๆ ส่วนทางอ้อม คือ การเสียโอกาสในการผลิตสินค้าหรือบริการ เนื่องจากการรอคอยในการขนส่งสินค้า เพราะชิ้นส่วนบางประเภทต้องนำเข้าจากต่างประเทศ หรือต้องจัดส่งมาจากที่ไกลๆ ต้องใช้ระยะเวลาในการเดินทาง ยิ่งถ้าเป็นชิ้นส่วนที่ต้องสั่งทำเป็นพิเศษยิ่งทำให้เสียเวลาอย่างมากในการรอคอยการผลิตและการขนส่ง ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดที่จะศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เพื่อทราบถึงอายุการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นๆ จะได้มีการวางแผนเพื่อทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ก่อนหมดอายุการใช้งาน จึงมีการศึกษาทฤษฎีและวิจัยเหล่านี้ เพื่อหาข้อมูลในการทดสอบการสึกหรอแบบถูครูดตามมาตรฐาน ASTM-G65

วิธีการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยนั้น จะเป็นการทดสอบการสึกหรอตามมาตรฐาน ASTM G65 ด้วยเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมา (Prototype) โดยเปรียบเทียบผ่านการทดสอบประสิทธิภาพแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอแบบถูครูด (Abrasive Wear) ระหว่างชิ้นงานทดสอบ (Specimens) เหล็กกล้าไร้สนิม เกรด 316 ขนาด 15×40×3 mm กับล้ออย่างวัสดุโพลียูรีเทน (Polyurethane Wheel) ความหนา 20 mm ในสภาวะความแตกต่างของขนาดเม็ดทราย 2 ขนาด ได้แก่ 35 เมช กับ 48 เมช โดยกำหนดให้เงื่อนไขการทดสอบเชิงกล คือ น้ำหนักกด (Applied Load) 5 kg กับ 10 kg และความเร็วยกตัวอย่าง 360 rpm ภายใต้การจำลองสถานการณ์ในสภาวะถูครูดผ่านทรายแห้งใน 4 ช่วงเวลา 30 60 90 และ 120 sec โดยชิ้นงานทดสอบแต่ละชิ้นจะถูกชั่งน้ำหนัก ก่อน-หลัง ทดสอบ เพื่อหาน้ำหนักที่หายไป (Weight Loss) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล ยี่ห้อ Sartorius รุ่น GD2102



ภาพที่ 1 เครื่องทดสอบการสึกหรอตันแบบ (Prototype) ตามมาตรฐาน ASTM-G65

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการสึกหรอภายใต้สภาวะขนาดเม็ดทราย 35 กับ 48 เมช สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ สามารถนำมาแสดงเป็นกราฟเชิงเปรียบเทียบ (ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) สำหรับการประยุกต์ใช้สมการเทย์เลอร์ (Taylor's Equation) ในการหาความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างขนาดเม็ดทราย 35 กับ 48 เมช เพื่อนำไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ (Simulation) พฤติกรรมการสึกหรอด้วยวิธีการมอนติคาร์โล (Monte Carlo Method) สำหรับใช้ในการพยากรณ์อายุการใช้งาน (Tool Life)

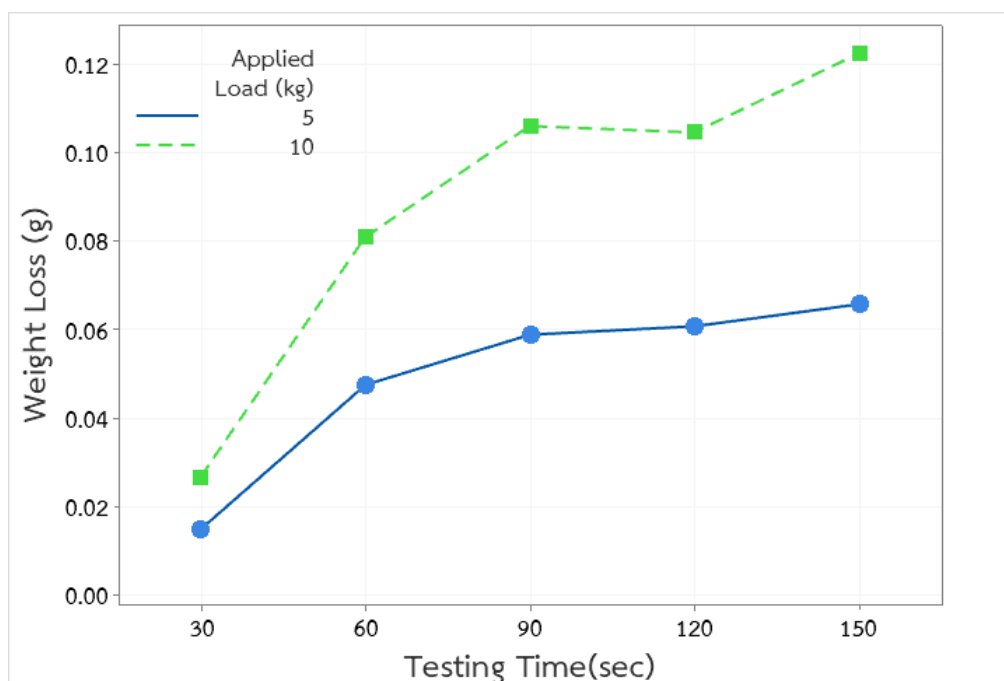
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการสึกหรอด้วยขนาดเม็ดทราย 35 เมช

เวลาทดสอบ (Testing Time) หน่วย; sec	น้ำหนักที่หายไป (Weight Loss) หน่วย; g									
	น้ำหนักกด 5 kg					น้ำหนักกด 10 kg				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
30	0.0148	0.0147	0.0152	0.0151	0.0156	0.0296	0.0265	0.0274	0.0242	0.0265
60	0.0475	0.0475	0.0474	0.0477	0.0479	0.0760	0.0903	0.0806	0.0716	0.0862
90	0.0590	0.0588	0.0589	0.0589	0.0589	0.0885	0.0941	0.1119	0.1178	0.1178
120	0.0605	0.0604	0.0608	0.0610	0.0613	0.1089	0.0906	0.1216	0.1037	0.0981
150	0.0659	0.0657	0.0655	0.0659	0.0659	0.1054	0.1314	0.1179	0.1318	0.1252

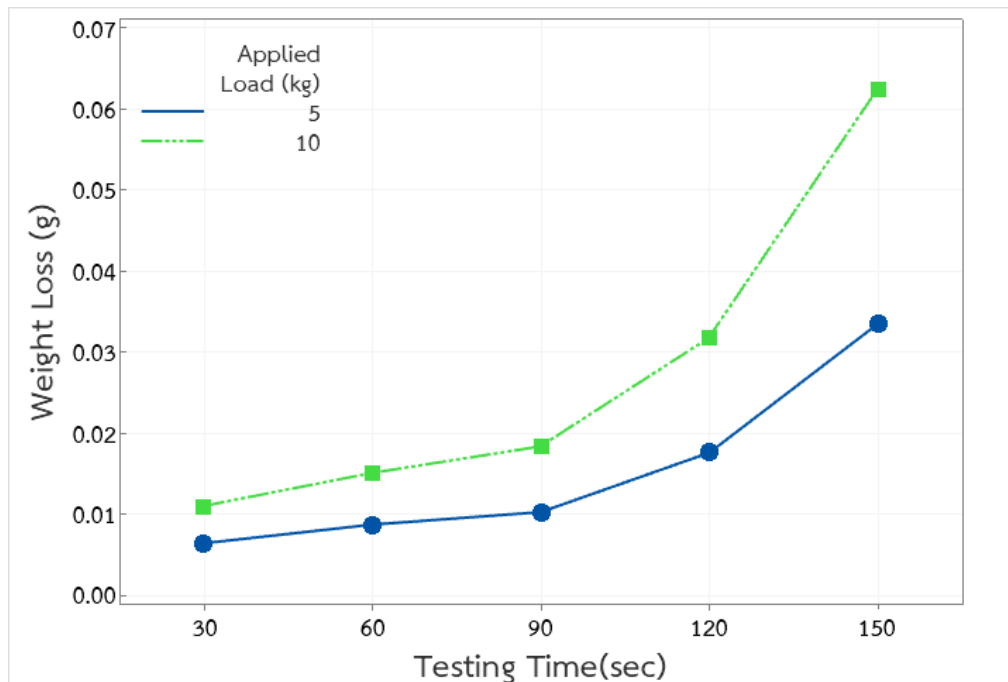
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการสึกหรอด้วยขนาดเม็ดทราย 48 เมช

เวลาทดสอบ	น้ำหนักที่หายไป (Weight Loss) หน่วย; g									
(Testing Time)	ขนาดเม็ดทราย 35 เมช					ขนาดเม็ดทราย 48 เมช				
หน่วย; sec	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
30	0.0065	0.0066	0.0063	0.0066	0.0064	0.0104	0.0125	0.0107	0.0099	0.0115
60	0.0087	0.0088	0.0087	0.0088	0.0089	0.0157	0.0132	0.0174	0.0150	0.0142
90	0.0102	0.0104	0.0103	0.0104	0.0103	0.0204	0.0187	0.0185	0.0166	0.0175
120	0.0178	0.0177	0.0175	0.0176	0.0176	0.0267	0.0283	0.0333	0.0352	0.0352
150	0.0335	0.0334	0.0336	0.0335	0.0336	0.0536	0.0668	0.0605	0.0670	0.0638

เมื่อทำการพิจารณาจากภาพที่ 2 ซึ่งแสดงกราฟเชิงเปรียบเทียบความแตกต่างน้ำหนักก่เกี่ยวกับการทดสอบการสึกหรอด้วยขนาดเม็ดทราย 35 เมช จะเห็นว่าในการทดสอบด้วยโหลด 10 kg เมื่อใช้เวลาเพิ่มขึ้นจาก 90 วินาที เป็น 120 วินาที แล้ว ส่งผลให้ค่า น้ำหนักที่หายไป (Weight Loss) ลดลง เนื่องจากผลของการเกิดพฤติกรรมการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesion Wear) ในช่วงส่วนที่ยึดติดเชื่อมกับเนื้อวัสดุของชิ้นงานทดสอบ (Specimen) แล้วหลุดออกเป็นมวลขนาดใหญ่ มากกว่ารูปแบบการสึกหรอตามธรรมชาติ (General Form)



ภาพที่ 2 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักที่หายไปจากการทดสอบด้วยขนาดเม็ดทราย 35 เมช

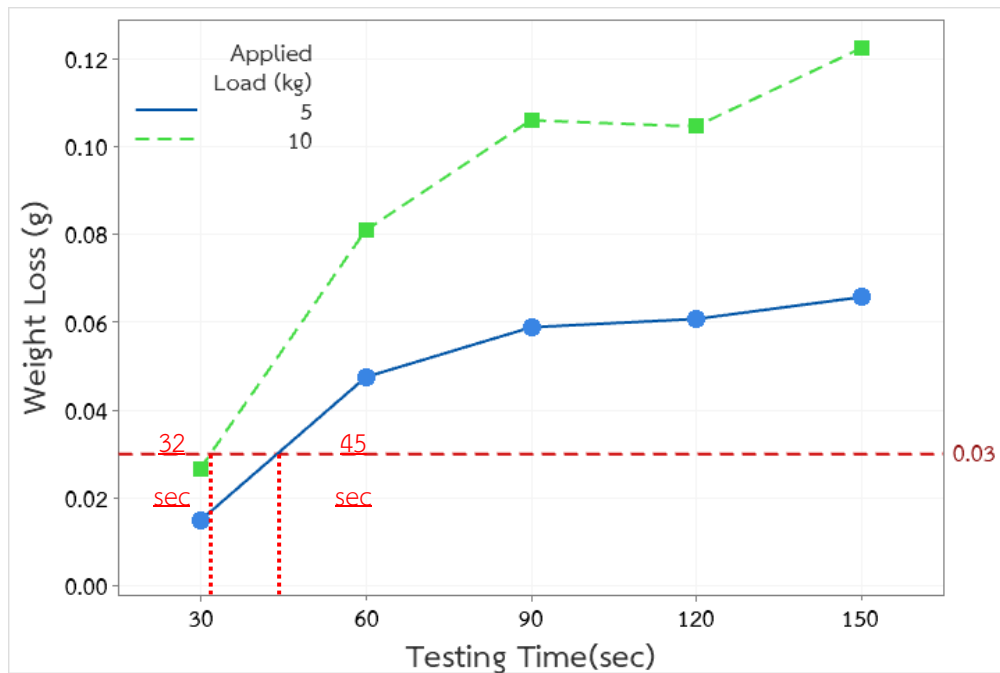


ภาพที่ 3 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักที่หายไปจากการทดสอบด้วยขนาดเม็ดทราย 48 เมช

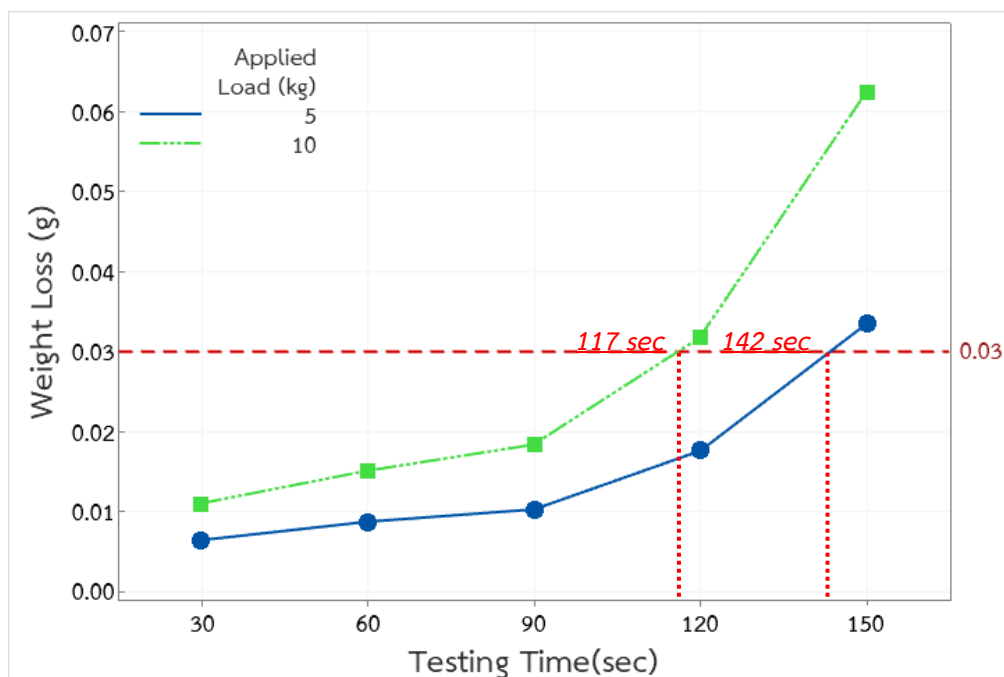
ในการหาสมการพยากรณ์เกี่ยวกับอายุการใช้งาน (Prediction Equation of Tool Life) จากข้อมูลผลการทดสอบการสึกหรอที่เกิดขึ้น (ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) โดยการประยุกต์ใช้สมการเทย์เลอร์ ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์สำคัญ ได้แก่ น้ำหนักกด (Applied Load) คือ 5 กับ 10 kg และเวลาทดสอบ คือ 30 60 90 และ 120 sec ซึ่งมีตัวชี้วัดระดับวิกฤต (Critical Level) เกี่ยวกับอายุการใช้งานเป็นค่าน้ำหนักที่หายไป เท่ากับ 0.03 g

$$L(T)^n = C \quad (1)$$

- กำหนดให้
- L คือ น้ำหนักกด (Applied Load)
 - T คือ เวลาทดสอบ (Testing Time)
 - n คือ สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ตัวที่ 1 (First Constant Coefficient)
 - C คือ สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ตัวที่ 2 (Second Constant Coefficient)



ภาพที่ 4 กราฟเปรียบเทียบเกี่ยวกับการสึกหรอจากขนาดเม็ดทราย 35 เมช สำหรับการประยุกต์ใช้สมการเทย์เลอร์



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบเกี่ยวกับการสึกหรอจากขนาดเม็ดทราย 48 เมช สำหรับการประยุกต์ใช้สมการเทย์เลอร์

เมื่อทำการพิจารณาจากภาพที่ 3 และ 4 คือ กราฟเชิงเปรียบเทียบเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการประยุกต์ใช้สมการเทย์เลอร์ร่วมกับตัวชี้วัดระดับวิกฤตเกี่ยวกับอายุการใช้งานเป็นค่าน้ำหนักที่หายไปเท่ากับ 0.03 g สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- การหมดอายุการใช้งานจากการสึกหรอจากขนาดเม็ดทราย 35 เมช คือ เมื่อรับน้ำหนักกด 5 kg มีค่า 45 sec และการเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานเมื่อรับภาระงาน 10 kg มีค่าเท่ากับ 32 sec ดังนั้น สมการเทย์เลอร์ที่คำนวณได้สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2

$$L(T)^{2.0328} = 11,471.5051$$

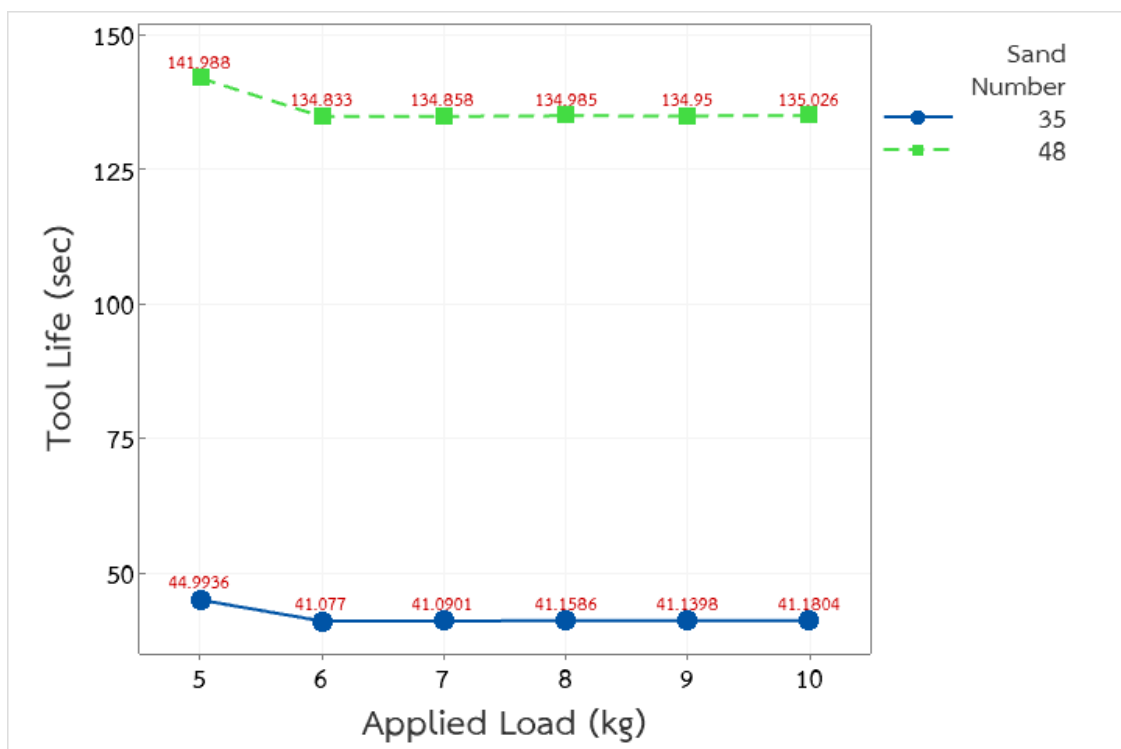
$$T = \left(\frac{11,471.5051}{L} \right)^{1/2.0328} \quad (2)$$

- การหมดอายุการใช้งานจากการสึกหรอจากขนาดเม็ดทราย 48 เมช คือ เมื่อรับน้ำหนักกด 5 kg มีค่า 142 sec และการเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานเมื่อรับภาระงาน 10 kg มีค่าเท่ากับ 117 sec ดังนั้น สมการเทย์เลอร์ที่คำนวณได้สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 3

$$L(T)^{3.5806} = 254,362,831.1742$$

$$T = \left(\frac{254,362,831.1742}{L} \right)^{1/3.5806} \quad (3)$$

ในการสร้างกราฟพยากรณ์อายุการใช้งานนั้น สามารถดำเนินการได้จากการประยุกต์ใช้วิธีการมอนติคาร์โลในการจำลองสถานการณ์ด้วยสมการเทย์เลอร์ในสมการที่ 2 และ 3 ซึ่งผลการประมวลผลออกมาในรูปแบบกราฟนั้น สามารถแสดงได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบเกี่ยวกับการสึกหรอจนหมดอายุการใช้งาน

สรุปผลการวิจัย

การเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานจากการสึกหรอด้วยเม็ดทราย 48 เมช จะมีความรุนแรงมากกว่าการเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานจากการสึกหรอด้วยเม็ดทราย 35 เมช อยู่ประมาณ 3 เท่า และเมื่อทำการพิจารณาแนวโน้มการเสื่อมสภาพหมดอายุการใช้งานของทั้ง 2 รูปแบบ พบว่าตั้งแต่ภาระงาน 6-10 kg นั้น ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเกิดจากพฤติกรรมการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesion Wear) ในช่วงเริ่มต้นของรูปแบบการสึกหรอนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัฒนพร ชนไฮ และ อุษณีย์ กิตกำธร. 2556. ผลของเวลาในการอบอบสเทินไทซิงต่อการสึกหรอแบบขัดสีชนิดสามวัตถุของเหล็กหล่อเหนียวอสเทมเปอร์. หน้า. 11-20. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, ปีที่ 8, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม - ธันวาคม พ.ศ.2556. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [2] สุพร ฤทธิศักดิ์ สุของค์มา ลี นลิน เพียรทอง และนภิสพร มีมงคล. 2556. พฤติกรรมการสึกหรอแบบขูดขีดของชิ้นผิวแพร์โดยการ Pack Cementation บนเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ. หน้า. 12-23. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, 2 กันยายน 2556. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [3] จงกล ศรีธร. 2559. กระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งสำหรับอุปกรณ์งานดินการเกษตรเพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน. ใน รายงานผลการวิจัย. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [4] L. Fang, J.D. Xing, W.M. Liu, Q.J. Xue, G.Q. Wu, X.F. Zhang, Computer Simulation of Two-body Abrasion Processes, Wear 251: (2001), pp 1356-1360.
- [5] L. Fang, W. Liu, D. Du, X. Zhang, Q. Xue, Predicting Three-body Abrasive Wear Using Monte Carlo Methods, Wear 256: (2004), pp 685-694.
- [6] J.M. Karandikar, A.E. Abbas, T.L. Schmitz, Tool Life Prediction Using Bayesian Updating. Part 2: Turning Tool Life Using a Markov Chain Monte Carlo Approach, Precision Engineering 38: (2014), pp 18-27.
- [7] P. Srisattayakul, C. Saikaew and A. Wisitsoraat, Effect of Hard Chrome and MoN-coated Stainless Steel on Wear Behaviour and Tool Life Model under Two-body Abrasion Wear Testing, METABK 56(3-4): (2017), pp 371-374.
- [8] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา, พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์, การออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง”, สำนักพิมพ์ ท็อป, กรุงเทพฯ: (2551), หน้า 281-283.
- [9] D.C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, 5th Edition: (2004), New York.