

การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอระหว่างหน้าสัมผัสบล็อกบนแหวนตามมาตรฐาน ASTM G77

Wear Behavior of between Block on Ring by ASTM G77 Standard

ศุภพร ศิลาลอย¹ ปริญา ศรีสัตยกุล² ภาณุเดช แสงสีด้า² สุธรรม ศิวาวุธ² โอริส มณีสาย² และ ปานิธี เรืองศรี¹¹สาขาวิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

บางพระ ศรีราชา ชลบุรี 20110

²สังกัดสาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ทุ่งมหาเมฆ สาทร กรุงเทพฯ 10120

Supat Silaloy¹ Parinya Srisattayakul² Panudet Saengseedam² Sutham Siwawut² Oris Maneesai² and Panithee Rungsri²¹Department of Industrial Engineering and Logistics, School of Engineering and Innovation,

Rajamangala University of Technology Tawan-ok,

Bang Phra, Sriracha, Chonburi, 20110

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,

Rajamangala University of Technology Krungthep,

Thungmahamek, Sathorn, Bangkok, 10120

Corresponding author Email: supat_si@mutto.ac.th*

(Received: August 11, 2023; Revise: December 6, 2023; Accepted: December 7, 2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอระหว่างหน้าสัมผัสบล็อกบนแหวนตามมาตรฐาน ASTM G77 ในการทดสอบการสึกหรอ กำหนดความเร็วรอบของการทดสอบ 530 rpm. เวลาที่ใช้ทดสอบ 20 นาที และน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ 600 กรัม โดยมีผลตอบสนองในการศึกษาเป็นน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบที่สูญเสียไป ชิ้นงานทดสอบเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม 316 ขนาด 16 x 40 x 4 มม. และแหวนขัดชิ้นงานเป็นวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S45C เคลือบสาร 2 ชนิด ได้แก่ ไทเทเนียมไนไตรและไทเทเนียมคาร์บอนไนไตร ขนาด OD26 x ID16 x 20 มม. ผลการศึกษาพบว่าชิ้นงานทดสอบเมื่อขัดกับแหวนที่เคลือบสารไทเทเนียมไนไตรเกิดการสึกหรอมากที่สุด ดูได้จากค่าน้ำหนักที่สูญเสียของทั้งชิ้นงานและแหวนขัดเท่ากับ 0.03655, 0.10598 กรัม ตามลำดับ ส่วนชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S45C มีการสึกหรอน้อยรองลงมา ดูได้จากค่าน้ำหนักที่สูญเสียของทั้งชิ้นงานและแหวนขัดเท่ากับ 0.0070, 0.02208 กรัม ตามลำดับ และชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดที่เคลือบสารไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรมีการสึกหรอน้อยที่สุด เนื่องจากทนต่อการสึกหรอแบบขัดสีดูได้จากค่าน้ำหนักที่สูญเสียของชิ้นงานและแหวนขัดเท่ากับ 0.01804, 0.0016 กรัม ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการทดสอบนี้สารเคลือบไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรจะทนต่อการสึกหรอมากที่สุด

คำสำคัญ: พฤติกรรมการสึกหรอ เหล็กกล้าไร้สนิม เหล็กกล้าคาร์บอน S45C บล็อกบนแหวน

Abstract

This research study investigated the behavior of wear during block-on-ring sliding contact according to ASTM G77 standard test. The testing was performed at a rotational speed of 530 rpm, for a duration of 20 minutes, and with a testing load of 600 grams. The response variable studied was the weight loss of the test specimen. The test specimen was a non-corrosive stainless steel 316 of size 16 x 40 x 4 mm, and the ring was made of S45C grad Medium-carbon steel coated with two types of materials: Titanium Nitride (TiN) and Titanium Carbonitride (TiCN). The size of the ring was OD26 x ID16 x 20 mm. The study found that the test specimen had the highest wear when sliding against the ring coated with Titanium Nitride, as evidenced by the weight loss values of both the test specimen and the ring (0.03655 and 0.10598 grams, respectively). On the other hand, the test specimen that slid against the ring made of carbon steel S45C had a lower wear rate, as shown by the weight loss values (0.0070 and 0.02208 grams, respectively). Lastly, the test specimen that slid against the ring coated with Titanium Carbonitride had the least wear due to its resistance to wear, as seen from the weight loss values (0.01804 and 0.0016 grams, respectively). This test demonstrated that Titanium Carbonitride coating had the highest wear resistance.

Keywords: Wear behavior, Stainless steel, Medium-carbon steel, Block on ring

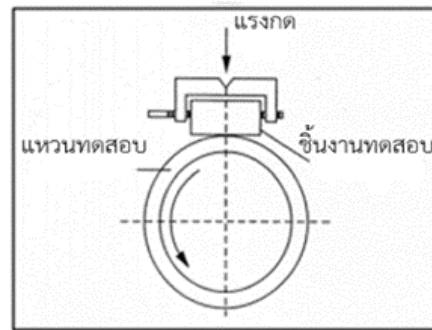
1. บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลในภาคอุตสาหกรรมยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญ ซึ่งในการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนเครื่องจักรส่วนใหญ่มักจะเป็นการเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ในจุดที่เกิดการเสียหาย มากกว่าการซ่อมแซมเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง จึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายทางตรง กล่าวคือ การสั่งซื้อชิ้นส่วนใหม่นั้นๆ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจัดซื้อจัดจ้าง และในทางอ้อมคือ การเสียโอกาสในการผลิตสินค้าหรือบริการ เนื่องจากเกิดการรอคอยในการขนส่งสินค้า เพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรกลบางอย่างจำเป็นที่จะต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ

งานวิศวกรรมพื้นผิวและการออกแบบวัสดุได้มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการช่วยยืดอายุการใช้งาน หรือปรับสภาพชิ้นงานให้เหมาะสม เพื่อการใช้ประโยชน์ในชิ้นส่วนนั้นๆ ให้ได้ผลลัพธ์ที่คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น ซึ่งถือเป็นการลดต้นทุนในระยะยาว โดยการออกแบบพื้นผิวที่เหมาะสมสามารถที่จะลดการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องจักร ทั้งนี้การเลือกใช้วัสดุจะต้องเหมาะสมกับกลไกการเกิดการสึกหรอในแต่ละสภาวะ และลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดยมีปัจจัยที่มีผลเกี่ยวข้องต่อการสึกหรอ อาทิเช่น อุณหภูมิ ความเร็ว ขนาดของอนุภาคของผิววัสดุ และความแข็งของวัสดุ เป็นต้น [1] การออกแบบเลือกใช้วัสดุเป็นเรื่องที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ความซับซ้อนที่เกิดขึ้น ทำให้การเลือกใช้วัสดุเป็นเรื่องยาก เพราะฉะนั้น การทดสอบวัสดุจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ที่จะสามารถทำให้ทราบว่าวัสดุนั้นๆ เหมาะสมในสภาวะดังกล่าวหรือไม่ การทดสอบการสึกหรอจึงเป็นหนึ่งในทางเลือกที่จะทดสอบความสามารถในการต้านทานต่อแรงกระทำต่อผิววัสดุแต่ละประเภท เป็นการทดสอบการสึกหรอในลักษณะของการขัดถูระหว่างวัสดุ 2 ชนิด ที่เคลื่อนที่สัมผัสกันด้วยความเร็ว และแรงกระทำต่อกันระหว่างบริเวณพื้นผิวสัมผัสของวัสดุทั้ง 2 ชนิด

การศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอระหว่างหน้าสัมผัสสลับคั่นบนแหวนตามมาตรฐาน ASTM G77 (American Society for Testing and Materials) ถือเป็นวิธีการทดสอบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ซึ่งเป็นการทดสอบความสามารถในการ

ด้านทานการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear) รูปแบบหนึ่งตามมาตรฐาน ASTM G77 ถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ [1-2] นอกจากนี้แล้ว ยังมีการประยุกต์ใช้หลักการทดสอบการสึกหรอตามมาตรฐาน ASTM G77 เพื่อศึกษาพฤติกรรมความสามารถในการต้านทานการสึกหรอของวัสดุใหม่ผ่านการเคลือบด้วยเทคโนโลยีเคลือบผิวเชิงวิศวกรรมรูปแบบต่างๆ [3] จากเหตุผลดังกล่าว ในข้างต้น งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอระหว่างหน้าสัมผัสล้อยคบนแหวนตามมาตรฐาน ASTM G77 ดังรูปที่ 1 เพื่อสร้างแนวทางในการเลือกใช้วัสดุ ให้เหมาะสมมากที่สุดเกี่ยวกับการสึกหรอขณะใช้งาน



รูปที่ 1 การทดสอบแบบล้อยคบนริง

2. วิธีการและระเบียบวิธีวิจัย

ดำเนินการสร้างเครื่องทดสอบ [4] การสึกหรอตามมาตรฐาน ASTM G77 ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยเป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการขัดสีระหว่างผิวสัมผัสกับชิ้นงานทดสอบ ในการทดสอบจะเป็นการเปรียบเทียบแหวนขัดชิ้นงานวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด S45C เคลือบสารไทเทเนียมไนไตร (TiN) และเคลือบสารไทเทเนียมคาร์บอนไนไตร (TiCN) แสดงดังรูปที่ 3 และวัสดุเหล็กกล้า S45C ไม่ผ่านการชุบผิวแข็ง ทดสอบร่วมกับชิ้นงานทดสอบ (Specimen) วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เกรด 316 ขนาด 16 x 40 x 4 mm. ซึ่งทดสอบ การสึกหรอแบบขัดสีตามมาตรฐาน ASTM G77 ภายใต้สภาวะการทดสอบ คือ กำหนดความเร็วรอบของการทดสอบ 530 rpm. เวลาที่ใช้ทดสอบ 20 นาที และน้ำหนักที่ใช้ทดสอบ 600 กรัม ตามลำดับ



รูปที่ 2 เครื่องทดสอบการสึกหรอมาตรฐาน ASTM G77



รูปที่ 3 แหวนขัดชิ้นงาน

ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักของชิ้นงานทดสอบสูญเสียไป (Weight Loss) ภายหลังจากทดสอบตามมาตรฐาน ASTM G77 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมและแหวนขัดเหล็กกล้า S45C แสดงดังตารางที่ 1 ระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมและแหวนขัดเหล็กกล้า S45C เคลือบด้วยไทเทเนียมคาร์บอนไนไตร (TiCN) แสดงดังตารางที่ 2 และระหว่างชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม และแหวนขัดเหล็กกล้า S45C เคลือบด้วยไทเทเนียมไนไตร (TiN) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 น้ำหนักที่สูญเสียของผลการทดสอบชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม และแหวนขัดเหล็ก S45C

ชิ้นงาน	แหวนขัด (เหล็ก S45C)			ชิ้นงาน (เหล็กกล้าไร้สนิม)		
	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)
1	48.5264	48.5044	0.0220	14.0441	14.0368	0.0073
2	48.5263	48.5045	0.0218	14.0437	14.0368	0.0069
3	48.5269	48.5043	0.0226	14.0439	14.0370	0.0069
4	48.5261	48.5041	0.0220	14.0440	14.0368	0.0072
5	48.5265	48.5045	0.0220	14.0436	14.0369	0.0067

ตารางที่ 2 น้ำหนักที่สูญเสียของผลการทดสอบชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม และแหวนขัดเหล็ก S45C เคลือบด้วยไทเทเนียมคาร์บอนไนไตร (TiCN)

ชิ้นงาน	แหวนขัดเคลือบ (TiCN)			ชิ้นงาน (เหล็กกล้าไร้สนิม)		
	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)
1	51.4330	51.4312	0.0018	13.9437	13.9264	0.0173
2	51.4329	51.4311	0.0018	13.9435	13.9261	0.0174
3	51.4330	51.4313	0.0017	13.9439	13.9266	0.0173
4	51.4332	51.4315	0.0017	13.9483	13.9268	0.0215
5	51.4326	51.4316	0.0010	13.9434	13.9267	0.0167

ตารางที่ 3 น้ำหนักที่สูญเสียของผลการทดสอบชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม และแหวนขัดเหล็ก S45C เคลือบด้วยไทเทเนียมไนไตร (TiN)

ชิ้นงาน	แหวนขัดเคลือบ (TiN)			ชิ้นงาน (เหล็กกล้าไร้สนิม)		
	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)
1	50.7892	50.6833	0.1059	14.2385	14.2016	0.0369
2	50.7892	50.6834	0.1058	14.2382	14.2017	0.0365
3	50.7891	50.6829	0.1062	14.2382	14.2021	0.0361
4	50.7892	50.6830	0.1062	14.2383	14.2014	0.0369
5	50.7891	50.6833	0.1058	14.2382	14.2019	0.0363

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

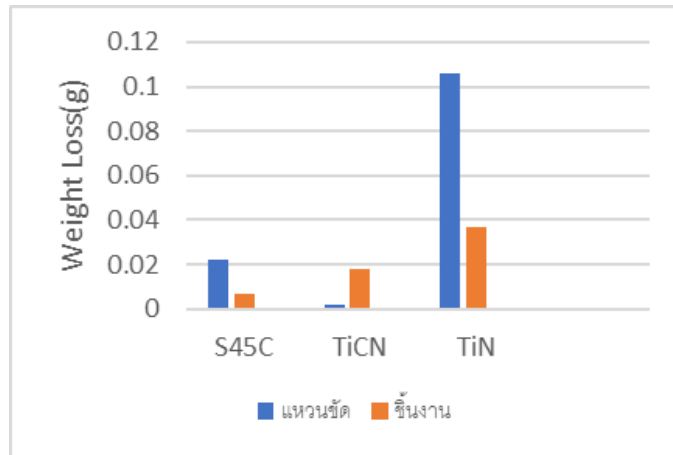
หลังจากการทดสอบการสึกหรอตามมาตรฐาน ASTM G77 เสร็จสิ้นจึงนำข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของแหวนขัดชิ้นงานที่ได้มา ใช้เปรียบเทียบดูความสึกหรอของวัสดุแต่ละชนิดดังตารางที่ 4 เห็นว่าแหวนขัดชิ้นงานเคลือบไทเทเนียมคาร์บอนไนไตร (TiCN) สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด 0.00160 g แหวนขัดชิ้นงาน (S45C) 0.02208 g และแหวนขัดชิ้นงานเคลือบไทเทเนียมไนไตร (TiN) สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 0.10598 g และนำข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดแต่ละชนิดเปรียบเทียบดูความสึกหรอของชิ้นงานทดสอบดังตารางที่ 5 เห็นว่าชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดชิ้นงาน (S45C) สูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด (0.00700 g.) ชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดชิ้นงานเคลือบไทเทเนียมคาร์บอนไนไตร (TiCN) 0.01804 g และชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดชิ้นงานเคลือบไทเทเนียมไนไตร (TiN) สูญเสียน้ำหนักมากที่สุด 0.03655 g

ตารางที่ 4 ข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของแหวนขัดชิ้นงาน

แหวนขัดชิ้นงาน	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)
S45C	48.52644	48.50436	0.02208
เคลือบ (TiCN)	51.43294	51.43134	0.00160
เคลือบ (TiN)	50.78160	50.68318	0.10598

ตารางที่ 5 ข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบ

แหวนขัดชิ้นงาน	ก่อนขัด (g)	หลังขัด (g)	ผลต่าง (g)
S45C	14.04386	14.03686	0.00700
เคลือบ (TiCN)	13.94369	13.92652	0.01804
เคลือบ (TiN)	14.24228	14.20174	0.03655

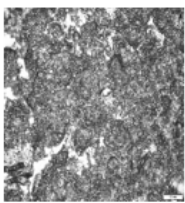
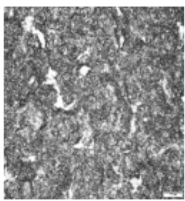
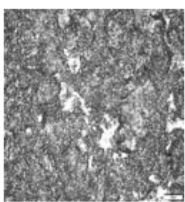
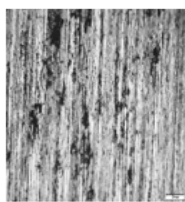


รูปที่ 4 กราฟแสดงน้ำหนักที่สูญเสียของวัสดุที่ใช้ทดสอบ

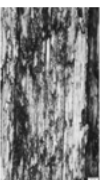
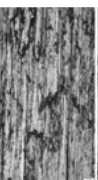
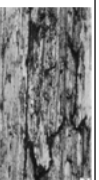
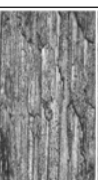
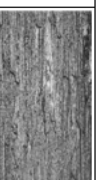
3.2 การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิววัสดุ

การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ ใช้เวลาทดสอบ 20 นาที ความเร็วรอบ 530 rpm. และน้ำหนัก 600 กรัม แสดงดังรูปที่ 5 พบว่าพื้นผิวชิ้นงานทดสอบหลังการทดสอบขัดกับแหวนขัดเหล็กกล้า S45C มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วน เนื่องจากผิวชิ้นงานทดสอบมีการเคลื่อนที่เสียดสีกับแหวนขัด ลักษณะการสึกหรอนี้ เรียกว่าการสึกหรอแบบขัดสี (Abrasive Wear) ซึ่งพบว่าชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดเหล็กกล้า S45C มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วนเล็กน้อย ชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนเคลือบ TiCN มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วนเพิ่มขึ้น และชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนเคลือบ TiN มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วนเพิ่มขึ้นไปอีก

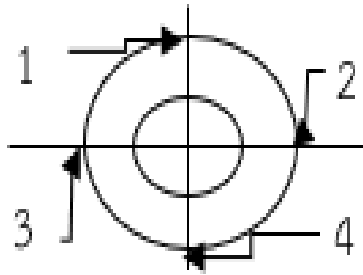
การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวแหวนขัดใช้เวลาทดสอบ 20 นาที ความเร็วรอบ 530 rpm. และน้ำหนัก 600 กรัม แสดงดังรูปที่ 6 ในการตรวจสอบดูโครงสร้างพื้นผิวแหวนขัดจะแบ่งเป็น 4 ส่วน แสดงในรูปที่ 7 พบว่าพื้นผิวแหวนหลังการทดสอบขัดกับชิ้นงานทดสอบ มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วน เนื่องจากแหวนขัดมีการเคลื่อนที่เสียดสีกับชิ้นงานทดสอบ ลักษณะการสึกหรอนี้ เรียกว่าการสึกหรอแบบขัดสี (Abrasive Wear) ซึ่งพบว่าแหวนขัดเคลือบ TiCN ที่ขัดกับชิ้นงานทดสอบ มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วนเล็กน้อย แหวนขัดเหล็กกล้า S45C ที่ขัดกับชิ้นงานทดสอบ มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วนเพิ่มขึ้น และแหวนขัดเคลือบ TiN ที่ขัดกับชิ้นงานทดสอบ มีลักษณะการสึกหรอเป็นแบบร่องลึกหรือรอยขีดข่วนเพิ่มขึ้นไปอีก

ชิ้นงาน ขัดกับ แหวน	ลักษณะพื้นผิวก่อน ทดสอบ	ลักษณะพื้นผิวหลัง ทดสอบ
S45C		
TiCN		
TiN		

รูปที่ 5 โครงสร้างพื้นผิวชิ้นงานทดสอบ

แหวน ขัด	ลักษณะพื้นผิวของแหวน			
	ส่วนที่ 1	ส่วนที่ 2	ส่วนที่ 3	ส่วนที่ 4
S45C				
TiCN				
TiN				

รูปที่ 6 โครงสร้างพื้นผิวของแหวนขัด



รูปที่ 7 ตำแหน่งการตรวจสอบพื้นผิวของโครงสร้างแหวนขัด

4. สรุปผล

แหวนขัดชิ้นงานเมื่อมีการเคลื่อนสารถจะทำให้เกิดการสึกหรอของชิ้นงานต่างกัน คือชิ้นงานทดสอบเมื่อขัดกับแหวนที่เคลื่อนสารถไทเทเนียมไนไตรด์แล้วจะเกิดการสึกหรอมาก ดูได้จากค่าน้ำหนักที่สูญเสียของทั้งชิ้นงานและแหวนขัดเท่ากับ 0.03655, 0.10598 g ตามลำดับ ส่วนชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดเหล็กกล้า S45C เกิดการสึกหรอรองลงมา ดูได้จากค่าน้ำหนักที่สูญเสียของทั้งชิ้นงานและแหวนขัดเท่ากับ 0.0070, 0.02208 g ตามลำดับ และชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดที่เคลื่อนสารถไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรด์ จะเกิดการสึกหรอน้อยเนื่องจากทนต่อการสึกหรอแบบขัดสี ดูได้จากค่าน้ำหนักที่สูญเสียของชิ้นงานและแหวนขัดเท่ากับ 0.01804, 0.0016 g ตามลำดับ ดังตารางที่ 6 แสดงได้ว่าการทดสอบรูปแบบนี้สารเคลื่อนสารถไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรด์จะทนต่อการสึกหรอมากที่สุด

ตารางที่ 6 ข้อมูลน้ำหนักเฉลี่ยที่สูญเสียของชิ้นงานทดสอบและแหวนขัดชิ้นงาน

แหวนขัดชิ้นงาน	น้ำหนักที่สูญเสียเฉลี่ย (g)	น้ำหนักที่สูญเสียเฉลี่ยของชิ้นงานทดสอบ (g)
S45C	0.02208	0.00700
TiCN	0.00160	0.01804
TiN	0.10598	0.03655

5. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอแบบขัดสีระหว่างหน้าสัมผัสล้อคบนแหวนกับชิ้นงานทดสอบ โดยศึกษากระบวนการทดสอบการสึกหรอตามมาตรฐาน ASTM G77 จะเห็นได้ว่าวัสดุและสารเคลือบ (Type of Coating : TOC) คือ เหล็กกล้า S45C ไทเทเนียมไนไตรด์ (TiN) และไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรด์ (TiCN) ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการทดสอบ 20 นาที ความเร็วรอบ 530 rpm. และน้ำหนักกดที่ 600 กรัม มีผลต่อกระทบต่อน้ำหนักที่สูญเสียของชิ้นงานทดสอบขัดกับแหวนขัด มีอิทธิพลต่อน้ำหนักของชิ้นงานและแหวนขัดที่หายไป

การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิววัสดุ (Surface Material Analysis) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสงด้วยกำลังขยาย 20x พบว่าชิ้นงานทดสอบเมื่อขัดกับแหวนที่เคลื่อนสารถไทเทเนียมไนไตรด์เกิดการสึกหรอมากที่สุด ส่วนชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดเหล็กกล้า S45C มีการสึกหรอน้อยลง และชิ้นงานทดสอบที่ขัดกับแหวนขัดเคลื่อนสารถไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรด์มีการสึกหรอน้อย

ที่สุด เนื่องจากทนต่อการสึกหรอแบบขัดสีดู แสดงให้เห็นว่าการทดสอบนี้สารเคลือบไทเทเนียมคาร์บอนไนไตรจะทนต่อการสึกหรอมากที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้เพราะได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Fang et al., “Computer Simulation of Two-Body Abrasion Processes,” *Wear*, vol. 251, no. 1–12, pp. 1356–1360, 2001. doi:10.1016/s0043-1648(01)00769-4
- [2] J. M. Karandikar, A. E. Abbas, and T. L. Schmitz, “Tool Life Prediction Using Bayesian Updating. Part 2: Turning Tool Life Using a Markov Chain Monte Carlo Approach,” *Precision Engineering*, vol. 38, no. 1, pp. 18–27, 2014. doi:10.1016/j.precisioneng.2013.06.007
- [3] P. Srisattayakul, C. Saikaew, and A. Wisitsorat, “Effect of Hard Chrome and MoN-coated Stainless steel on Wear Behavior and Tool Life Model under Two-body Abrasion Wear Testing,” *Metallurgy*, vol. 56, no. 3–4, pp. 317–313, 2017.
- [4] C. Thanadngarn and V. Ungphakorn, *Machine Design 1*. Bangkok: SE-ED Publisher, pp. 3–4, 2013. (in Thai)
- [5] P. Srisattayakul, S. Silaloy, M. Timata and T. Haanchumpol, “Wear Behavior of Crawler-wheels by ASTM G65 Standard” in *Proceeding of 5th Rajamangala Manufacturing and Management Technology Conference 2020 (RMTC2020)*, Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Thailand, 2020, pp. 625–630. (in Thai)