บทที่ 2

การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

I.M. Hutchings[3] ได้ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอโดยสรุปไว้ว่า การสึกหรอเกิดขึ้นเมื่อพื้นผิวของแข็งสองชนิดไถล (sliding) เสียดสีสัมผัสผิวหน้าซึ่งกันและกัน ถ้าพื้นผิวสัมผัสได้รับการหล่อลื่น การสึกหรอประเภทนี้จะเรียกว่า Lubricated sliding wear อย่างไรก็ตามในบางกรณีของการใช้งานทางวิศวกรรม พื้นผิวที่ไถลสัมผัสกันในสภาวะที่ปราศจากสารหล่อลื่น เช่น แม่พิมพ์ที่ใช้ขึ้นรูปในอุตสาหกรรมรถยนต์ การสึกหรอที่เกิดขึ้นในกรณีนี้จะเรียกว่าเกิดการสึกหรอแบบ Dry sliding wear ซึ่งการสึกหรอแบบไถลเกิดจากการยึดเกาะระหว่างพื้นผิว (adhesion) ระหว่างสองพื้นผิวเป็นสำคัญ สามารถอธิบายได้ในเทอมของ Adhesive Wear แม้ว่าจะเป็นเพียงส่วนหนึ่งของกระบวนการสึกหรอทางฟิสิกส์และทางเคมี

2.1 ชนิดและรูปแบบการทดสอบการสึกหรอ

ในการจำแนกชนิดการทดสอบของการสึกหรอแบบเสียดสีไถล (sliding wear) ต่างๆนั้น มีรูปแบบการทดสอบการเสียดสีรูปแบบต่างๆกัน โดยในการทดสอบการสึกหรอและศึกษากลไกการสึกหรอที่เกิดขึ้นควรจะจำลองวิธีการทดสอบให้เหมือนสภาวะการใช้งานจริงมากที่สุด จุดมุ่งหมายเพื่อวัดและควบคุมตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิพลกับการสึกหรอ รวมทั้งอัตราการสึกหรอที่ได้จะขึ้นอยู่กับรูปแบบการสัมผัสของคู่เสียดสี และในการเปลี่ยนสภาวะการทดสอบได้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางกลไกการสึกหรอและอัตราการสึกหรอขึ้น ในการเลือกรูปแบบการทดสอบการสึกหรอ ควรเลือกรูปแบบการทดสอบให้ใกล้เคียงสภาวะการใช้งานจริงมากที่สุด เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

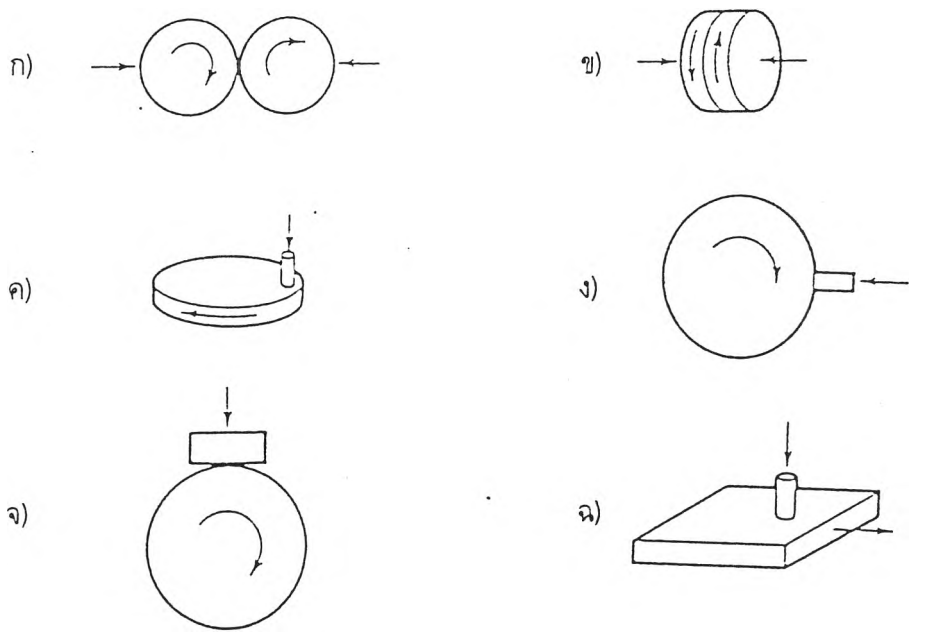
รูปแบบการทดสอบการเสียดสีแบบต่างๆดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งวิธีการทดสอบการเสียดสีสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

2.1.1 พื้นผิวสัมผัสการเสียดสีแบบสมมาตร ถ้าใช้วัสดุชนิดเดียวกันในการทดสอบการสึกหรอเช่นคู่วัสดุทดสอบเป็นเหล็กกล้าเกรดเดียวกัน อัตราการสึกหรอของสองพื้นผิวมีอัตราการสึกหรอเท่ากัน

2.1.2 พื้นผิวสัมผัสการเสียดสีแบบไม่สมมาตร แม้ว่าคู่วัสดุเป็นชนิดเดียวกันเช่นเหล็กกล้าเกรดเดียวกันแต่มีขนาดรูปร่างต่างกันเสียดสีกัน อัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้นของคู่วัสดุก็จะแตกต่างกันเนื่องจากคู่ทดสอบมีขนาดต่างกัน

ในการทดสอบการสึกหรอแบบสมมาตรนั้นไม่นิยมใช้ในการทดสอบการสึกหรอ ดังแสดงในรูปที่ 2.1(ก) เป็นรูปแบบการทดสอบการเสียดสีแบบ ring-on-ring ผิวสัมผัสในการเสียดสีสัมผัสกันในแนวเส้นรอบวงโดยมีแรงกดอัดตามแนวนอนผ่านแนวจุดศูนย์กลางของจานที่ใช้ทดสอบ โดยจานทั้งสองหมุนเสียดสีสวนทิศทางกัน และรูปที่ 2.1(ข) เป็นการทดสอบการสึกหรอที่ผิวหน้าสัมผัสจานเสียดสีกันโดยมีแรงกดอัดตามแนวนอนผ่านแนวจุดศูนย์กลาง โดยจานทั้งสองหมุนเสียดสีสวนทิศทางกัน

ในกรณีการทดสอบการสึกหรอแบบไม่สมมาตรเป็นที่นิยมใช้ในการทดสอบการสึกหรอกันโดยทั่วไป เช่น การทดสอบการสึกหรอแบบ pin-on-disk โดยที่หมุดกดสัมผัสเสียดสีกับจานบนผิวเรียบ มีแรงกดส่งผ่านหมุดในแนวตั้ง สัมผัสกับจานที่หมุน ดังรูปที่ 2.1 (ค) หรือ หมุดกดสัมผัสเสียดสีกับจานในแนวเส้นรอบวง โดยแรงกดส่งผ่านหมุดในแนวนอน สัมผัสเสียดสีกับจานที่หมุน ดังรูปที่ 2.1 (ง) หรือ แบบ block กดสัมผัสเสียดสีกับจานตามแนวเส้นรอบวง โดยมีแรงกดส่งผ่าน block ในแนวตั้งสัมผัสกับจานที่หมุน ดังรูปที่ 2.1 (จ) และแบบหมุดกดสัมผัสเสียดสีกับพื้นเรียบ โดยแรงกดส่งผ่านหมุดในแนวตั้ง พื้นแผ่นเรียบเคลื่อนที่เสียดสีในแนวนอน ดังรูปที่ 2.1 (ฉ)



รูปที่ 2.1 รูปแบบที่ใช้ในการทดสอบการเสียดสีไถล (sliding wear)

ก) จานเสียดสีกับจานในแนวเส้นรอบวง

ข) จานเสียดสีกับจานในแนวหน้าสัมผัส

ค) หมุดเสียดสีกับจานในแนวหน้าสัมผัส

ง) หมุดเสียดสีกับจานในแนวเส้นรอบวง

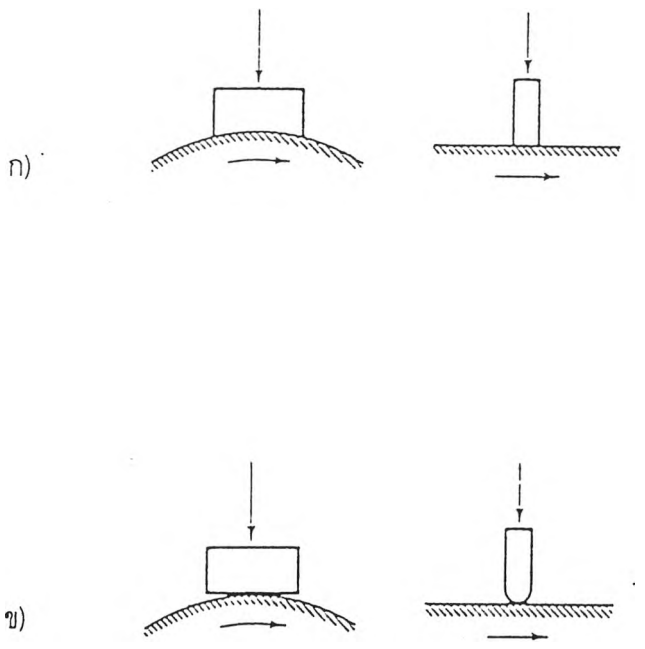
จ) block เสียดสีกับจานในแนวหน้าสัมผัส

ฉ) หมุดเสียดสีกับแผ่นในแนวหน้าสัมผัส

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการทดสอบการสึกหรอนั้นรูปแบบของหน้าสัมผัสการเสียดสีนั้น สามารถแบ่งลักษณะการสัมผัสได้ 2 แบบ คือ การเสียดสีเต็มพื้นที่สัมผัสตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบ (conformal) ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (ก) ลักษณะการสัมผัสเป็นแบบหมุดปลายเรียบกดสัมผัสกับจานด้านผิวราบ (flat-ended pin on flat disc) หรือแบบ block ผิวโค้งสัมผัสกับจานในแนวเส้นรอบวง (conforming block-on-ring) และในกรณีการสัมผัสแบบพื้นผิวสัมผัสเริ่มต้นเป็นจุดหรือเป็นเส้น (counterformal) ดังรูปที่ 2.2 (ข) ลักษณะการสัมผัสเป็นแบบหมุดปลายกลมมนกดสัมผัสกับจานด้านผิวราบ (round-ended pin on disc) หรือ ลักษณะการสัมผัสเป็นแบบ block ผิวราบสัมผัสกับจานในแนวเส้นรอบวง (plane block-on-ring)

ในรูปแบบการทดสอบการสึกหรอแบบไม่สมมาตร โดยทั่วไปคู่สัมผัสการเสียดสีไม่ว่าจะเป็นหมุดหรือ block ใช้เป็นชิ้นงานตัวอย่างในการทดสอบ (specimen) ซึ่งเป็นชิ้นที่ใช้ในการวัดอัตราการสึกหรอ ส่วนวัสดุคู่ทดสอบโดยมากเป็นจาน หรือ พื้นแผ่นเรียบ จะเรียกว่า Counterface.



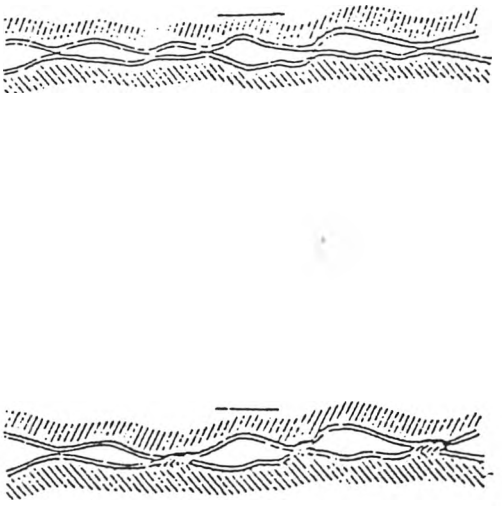
รูปที่ 2.2 รูปแบบการสัมผัส ก) เต็มพื้นที่สัมผัส ข) สัมผัสเป็นจุด

2.2 กลไกการสึกหรอแบบไถลเสียดสี (Sliding Wear Mechanism)

กลไกการสึกหรอยังเป็นสิ่งที่ยากต่อการเข้าใจ ไม่ว่าจะเป็นการสูญเสียเนื้อวัสดุระหว่างการเสียดสี หรือการเกิดออกซิเดชั่นระหว่างผิวสัมผัสของรอยเสียดสี ทฤษฎีพื้นฐานที่อธิบายกลไกการสึกหรอมีดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesion Theory)

การสึกหรอแบบเสียดสีไถล (silding wear) เป็นการสึกหรอที่เกิดจากผิวหน้าสัมผัสไถล (sliding) สัมผัสซึ่งกันและกัน ก่อให้เกิดจุดสัมผัสที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนกลายเป็นเนื้อเดียวกัน (cold weld) และฉีกขาดออกจากกัน โดยผิวหน้าสัมผัสหนึ่งติดอยู่กับอีกผิวหน้าสัมผัสหนึ่ง [4] ก่อนที่จะหลุดออกไปในรูปของอนุภาคซึ่งบริเวณดังกล่าวเกิดการแปรรูปที่ผิวสัมผัสส่วนที่นูน (asperity contact) เนื่องจากแรงกดและแรงเฉือนกระทำเป็นบริเวณที่เกิดแรงเฉือนสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.3



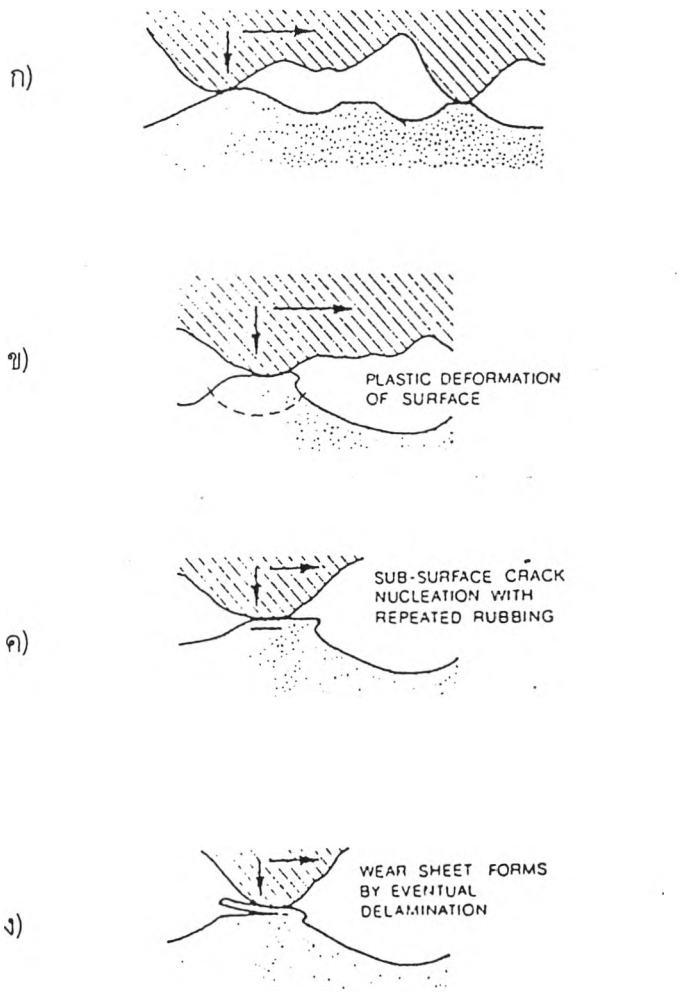
รูปที่ 2.3 การสึกหรอแบบ adhesive wear

ก) ผิวหน้าสัมผัสวัสดุเสียดสีไถลซึ่งกันและกัน

ข) จุดสัมผัสหลอมติดกัน

2.2.2 ทฤษฎีการสึกหรอการแยกชั้น (Delamination Theory)

ในกรณีของการหลุดออกของเศษอนุภาคระหว่างเกิดการเสียดสีไถล Suh [5] ได้อธิบายว่าเมื่อเกิดแรงกด (normal force) และแรงในแนวสัมผัส (tangential force) กระทำกับพื้นผิวสัมผัสส่วนที่นูนแล้วเกิดการแปรรูปขึ้นบริเวณผิวสัมผัส เมื่อพื้นผิวส่วนที่นูนเหล่านี้ได้รับแรงกระทำซ้ำๆกัน จะเกิดการสะสมความเครียดที่ชั้นผิวหน้า (surface layer) ทำให้เกิดรอยร้าวใต้ผิวหน้าจนกระทั่งรอยร้าวนี้จะขยายตัวถึงผิวหน้าบริเวณที่เป็นจุดอ่อน (weak point) เป็นสาเหตุให้เกิดการหลุดของเศษอนุภาคขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4

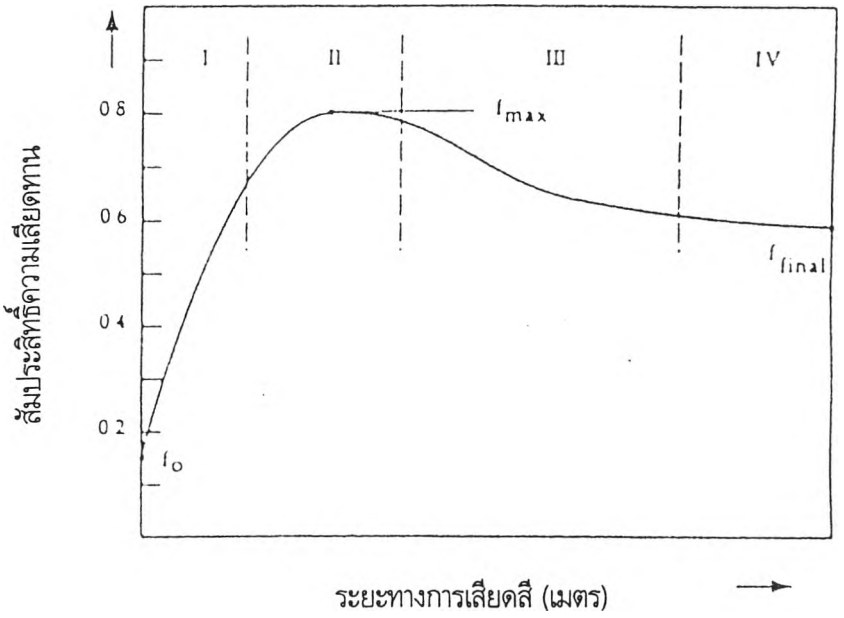


รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการหลุดของอนุภาคโดยการ delamination

ก) จุดสัมผัสได้รับแรงกดและแรงเฉือน ข) เกิดการแปรรูปบริเวณพื้นผิวจุดสัมผัส

ค) เกิดการแตกใต้พื้นผิว ง) เกิดการหลุดออกมาเป็นเศษอนุภาค

Horst Czichos [6] ได้นำเสนอข้อมูลความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับระยะทางการทดสอบการเสียดสี และความสัมพันธ์ของการสึกหรอกับระยะทางการทดสอบการเสียดสี โดยสภาวะการทดสอบคือ การเสียดสีไถลแบบแห้งในสภาวะบรรยากาศ น้ำหนักกดต่ำ ความเร็วการไถลปานกลาง อุณหภูมิห้อง คู่ทดสอบการเสียดสีเป็นโลหะกับโลหะ พบว่าความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับระยะทางการทดสอบการเสียดสีแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วแต่ละช่วงของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสามารถเกิดคาบเกี่ยวกันได้ ขึ้นอยู่กับแรงเสียดทานที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับระยะทางการสึกหรอ

ช่วงที่ I เป็นช่วงที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานเพิ่มขึ้น จากการเกิดขึ้นของเศษอนุภาคโลหะ โดยพื้นที่สัมผัสส่วนที่นูนของคู่เสียดสีเพิ่มขึ้น

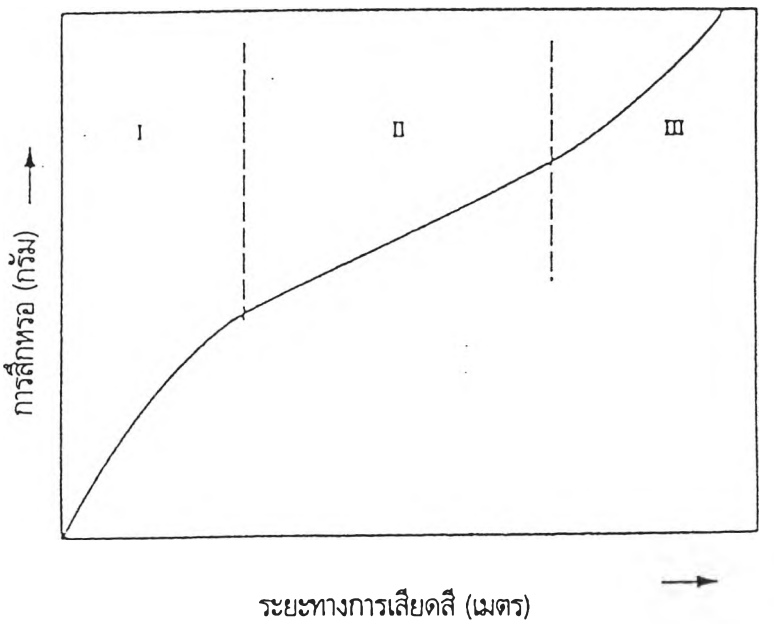
ช่วงที่ II เป็นช่วงที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานเพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุด พื้นผิวสัมผัสส่วนที่นูนของคู่เสียดสีเพิ่มขึ้น เกิดการสึกหรอบริเวณผิวสัมผัสเป็นเศษของอนุภาคโลหะ การสึกหรอเกิดขึ้นได้ดี

ช่วงที่ III เป็นช่วงที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลง เนื่องจากการก่อตัวของฟิล์มบนผิวหน้าการเสียดสีซึ่งช่วยลดการแปรรูปของพื้นผิวสัมผัสส่วนที่นูนของคู่เสียดสี

ช่วงที่ IV เป็นช่วงที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานเข้าสู่สภาวะคงที่

และในกรณีของความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอและระยะทางการทดสอบการเสียดสีนั้น แบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ดังแสดงในรูปที่ 2.6

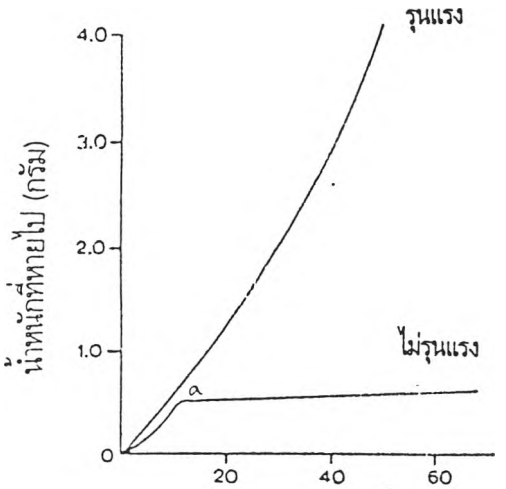
ช่วงที่ I เป็นช่วงที่ผิวหน้าของคู่ชิ้นงานทดสอบเสียดสีเพื่อปรับผิวหน้าเข้าหากัน เรียกว่าช่วง running-in
ช่วงที่ II เป็นช่วงที่การสึกหรอเกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ น้ำหนักที่หายไปจากการสึกหรอที่เกิดขึ้นต่อหน่วยเวลาไม่เปลี่ยนแปลง
ช่วงที่ III เป็นช่วงที่การสึกหรอเกิดขึ้นเร็ว ซึ่งจะนำไปสู่การเกิดความเสียหายของผิวหน้าคู่เสียดสีได้ง่าย



รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอกับระยะทางการทดสอบ

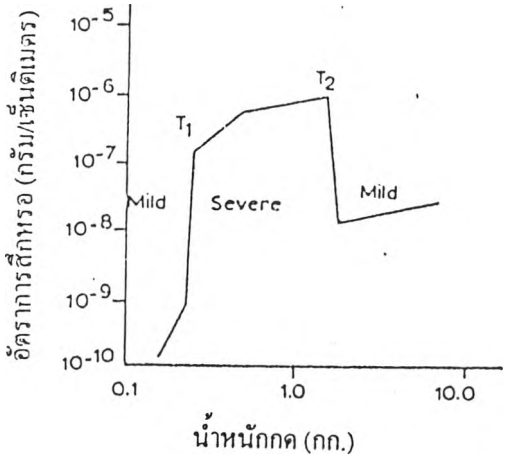
2.3 การสึกหรอของเหล็กกล้าที่ไม่เคลือบผิว

T.S Eyre และ D.Maynard [7] ได้ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของเหล็กหล่อ และเหล็กกล้าผสมโครเมียม ทำการเสียดสีกับเหล็กกล้าคาร์บอน 0.4% C ที่ผ่านการอบชุบ ซึ่งมีความแข็ง 350 วิคเกอร์ โดยทำการทดสอบที่น้ำหนักกดและความเร็วการเสียดสีต่างๆ พบว่าจะแบ่งลักษณะการสึกหรอได้สองขอบเขตคือการสึกหรอแบบไม่รุนแรง (mild wear) และการสึกหรอแบบรุนแรง (severe wear) โดยใช้เทคนิคการตรวจสอบด้วยการชั่งน้ำหนักจากการสึกหรอ, กล้องจุลทรรศน์แบบแสง และ X-ray Diffraction ผลการทดสอบเป็นดังนี้



รูปที่ 2.7 การสึกหรอของเหล็กหล่อ แบบไม่รุนแรงและแบบรุนแรง ที่ความเร็ว 200 ซม./ วินาที

จากรูปที่ 2.7 แสดงการสึกหรอแบบไม่รุนแรงและแบบรุนแรง โดยที่การสึกหรอแบบไม่รุนแรง จะเกิดในช่วงการทดสอบที่น้ำหนักกดต่ำ ส่วนการสึกหรอแบบรุนแรงจะเกิดในช่วงการทดสอบที่น้ำหนักกดสูง เส้นกราฟของการสึกหรอแบบไม่รุนแรง จะแบ่งเป็น 2 ช่วง ในช่วง oa ซึ่งเป็นช่วงสั้นๆ ที่เกิดขึ้นเรียกว่า running-in ซึ่งเกิดการสึกหรอแบบรุนแรงในช่วงสั้นๆ เป็นการสึกหรอในช่วงแรกก่อนที่ผิวหน้าวัสดุจะสัมผัสเข้ากันได้ดี (comformity) อัตราการสึกหรอจะหาได้จากความชันของกราฟในส่วนที่เป็นเส้นตรง หลังจากนั้นความเร็วการสึกหรอลดลง ส่วนในกรณีการทดสอบที่น้ำหนักกดสูง เกิดการสึกหรอขึ้นมากตลอดระยะทางการทดสอบ การสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นการสึกหรอแบบรุนแรง กราฟที่ได้จากการสึกหรอและระยะทางทดสอบไม่มีการเปลี่ยนความชัน กล่าวคือเกิดการสึกหรอมากขึ้นตลอดระยะทางการทดสอบ



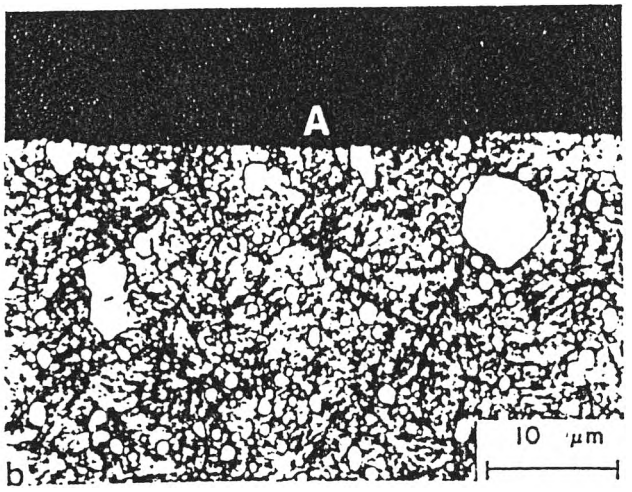
รูปที่ 2.8 การสึกหรอของเหล็กกล้าผสมโครเมียม 3% ที่ความเร็ว 100 เซ็นติเมตรต่อวินาที

จากรูปที่ 2.8 พบว่าเมื่อทดสอบการสึกหรอถึงน้ำหนักกด T1 จะเกิดการเปลี่ยนจากการสึกหรอแบบไม่รุนแรงไปเป็นการสึกหรอแบบรุนแรง การทดสอบในช่วงน้ำหนักกดต่ำกว่า T1 อัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้นต่ำ เกิดการสึกหรอแบบไม่รุนแรง ส่วนการทดสอบในช่วงน้ำหนักกดระหว่าง T_1 กับ T_2 อัตราการสึกหรอจะเพิ่มขึ้นสูง การสึกหรอที่เกิดขึ้นเป็นแบบการสึกหรอแบบรุนแรง เมื่อทดสอบที่น้ำหนักกดมากกว่า T2 การสึกหรอเปลี่ยนจากแบบรุนแรงเป็นแบบไม่รุนแรงอีกครั้ง ช่วงการเปลี่ยนจากการสึกหรอแบบไม่รุนแรงเป็นการสึกหรอแบบรุนแรง มีอัตราการสึกหรอแตกต่างกัน 100 ถึง 1000 เท่า

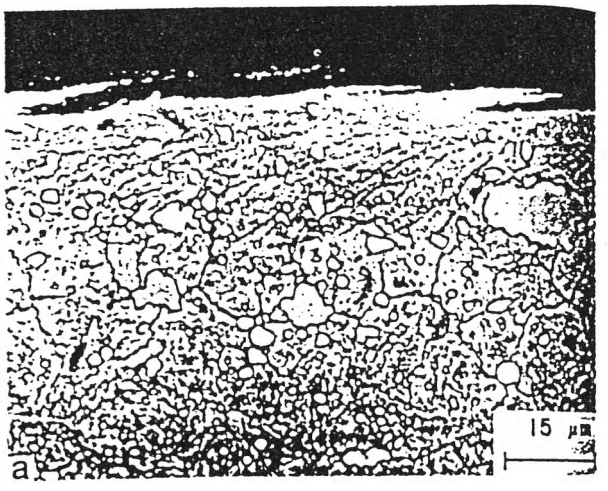
จากการศึกษาของ P. Hednqvist และ M.Olsson[8] ได้ทำการทดสอบการเสียดสีเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงกับเหล็กกล้าเกรด AISI 4340 ด้วยเครื่องทดสอบการสึกหรอแบบ Modified pin-on-ring ที่สภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการศึกษาภาคตัดขวางชิ้นงานทดสอบบริเวณรอยเสียดสีพบว่าลักษณะการสึกหรอที่ผิวบนของเนื้อโลหะที่ถูกเสียดสีแล้วไม่เกิดการแปรรูปแบบ plastic นั้นเป็นลักษณะการสึกหรอแบบไม่รุนแรง ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ก) ขณะที่ลักษณะการสึกหรอที่ผิวบนของเนื้อโลหะถูกเสียดสีจนเกิดการแปรรูปแบบ plastic นั้นเป็นลักษณะการสึกหรอแบบรุนแรง สังเกตจากเนื้อโลหะลู่ไปตามทิศทางการเสียดสี โดยมีทิศทางการเสียดสีจากซ้ายไปขวา ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ข)

จากผลการทดลองของ N. Saka [9] ที่ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของเหล็กกล้าเกรด AISI 1020 และเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เสียดสีกับเหล็กกล้าเกรด AISI 52100 ด้วยเครื่องทดสอบการเสียดสีแบบ pin-on-ring ที่ความเร็วการทดสอบ 0.5 เมตรต่อวินาที ถึง 10 เมตรต่อวินาที ด้วยน้ำหนักกด 49 นิวตัน ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิห้อง พบว่าอัตราการสึกหรอของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 เพิ่มขึ้นตามความเร็วการทดสอบ ในขณะที่อัตราการสึกหรอของเหล็กกล้าเกรด AISI 1020 ลดลงที่ความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที เนื่องจากการก่อตัวของเหล็กออกไซด์ ซึ่งเหล็กออกไซด์ช่วยลดการสึกหรอ จากนั้นอัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยเกิดอัตราการสึกหรอสูงสุดที่ความเร็วการทดสอบ 5 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 2.10

ก)

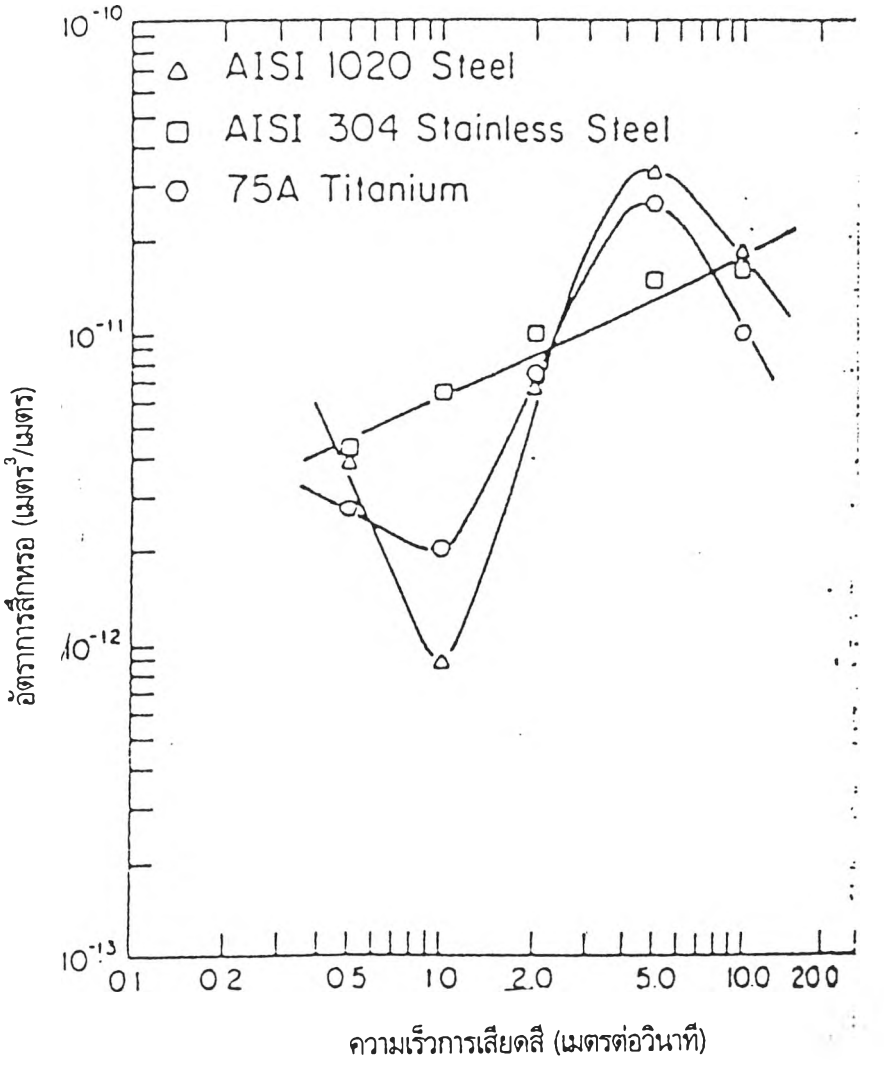


ข)



2.9 ลักษณะการสึกหรอของเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง

ก) การสึกหรอแบบไม่รุนแรง ข) การสึกหรอแบบรุนแรง



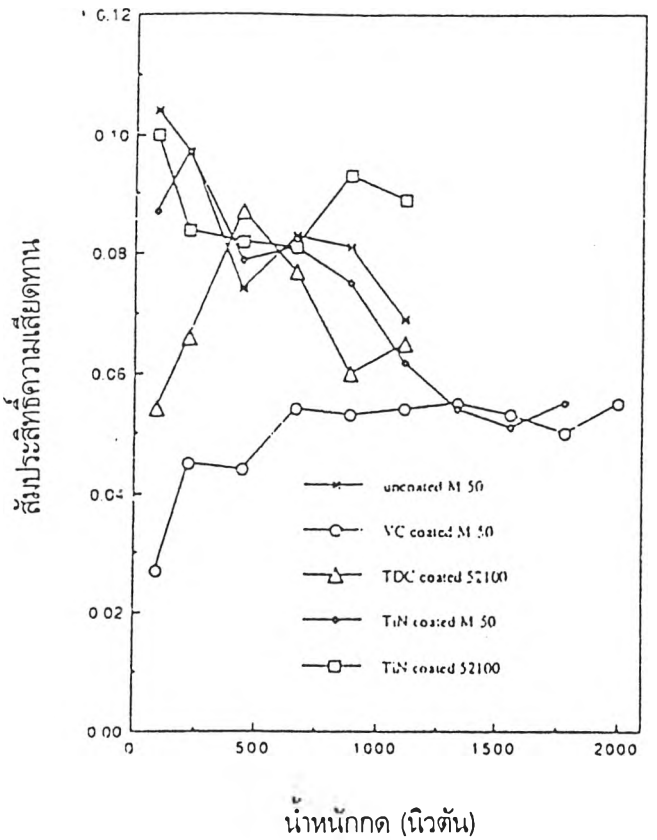
รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสึกหรอกับความเร็วการเสียดสี

2.4 การสึกหรอของเหล็กกล้าที่ผ่านการเคลือบผิว

Braza [10] ได้ศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของผิวเคลือบไททาเนียมไนตราย (TiN), ทินเด็นโครม (TDC) และวาเนเดียมคาร์ไบด์ (VC) ที่เคลือบบนเหล็กกล้าเกรด AISI 52100 กับ M50 โดยทดสอบการเสียดสีกับเหล็กกล้าเกรด AISI 52100 โดยทำการทดสอบด้วยความเร็วคงที่ จากนั้นเพิ่มน้ำหนักกดทดสอบจนกระทั่งผิวเคลือบเกิดความเสียหายขึ้น พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบ ชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์มีความสามารถรับภาระน้ำหนักกดได้สูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.11

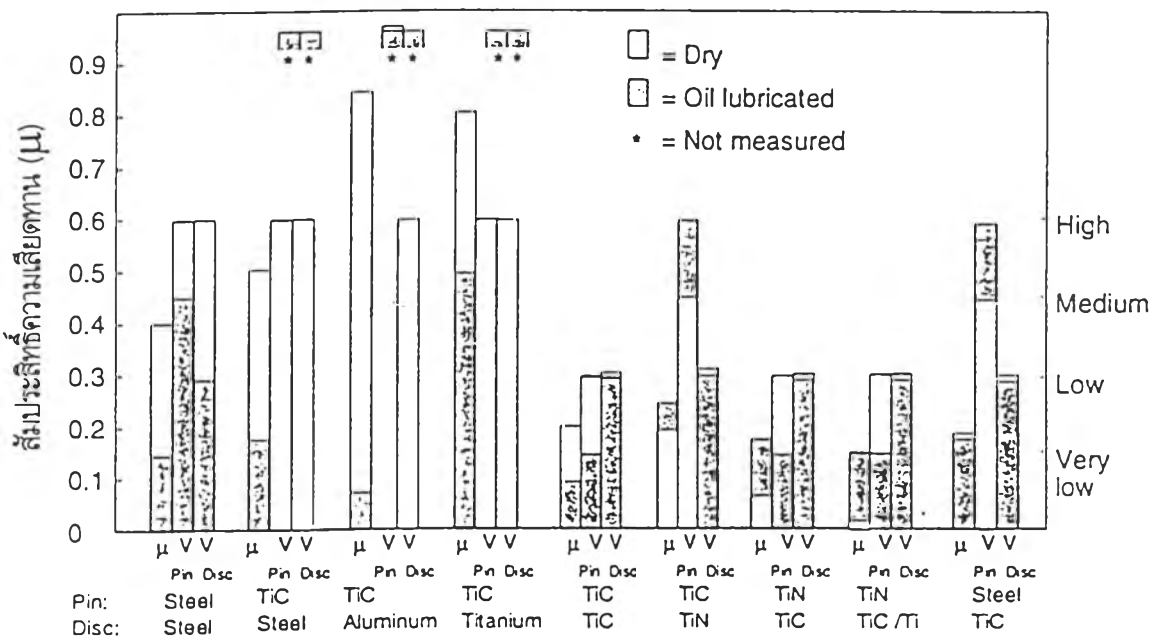
ตารางที่ 2.1 ขนาดน้ำหนักกด (นิวตัน) ที่ทำความเสียหายให้กับชั้นเคลือบ

โลหะพื้น	ไม่เคลือบผิว	VC	TDC	TiN
M50	1334.4	2224.0		2001.6
52100	667.2		1334.4	1334.4



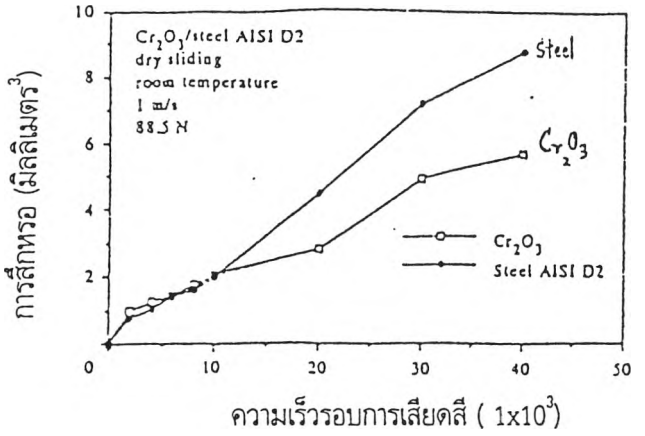
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับน้ำหนักกดของชั้นเคลือบชนิดต่างๆ

Jamal[11] และคณะ ได้ทำการทดสอบการเสียดสีด้วยเครื่องมือทดสอบการสึกหรอแบบ pin-on-disk ที่ความเร็วการทดสอบ 0.1 เมตรต่อวินาที น้ำหนักกด 40 นิวตัน สภาวะการเสียดสีแบบแห้งของผิวเคลือบไทเทเนียมคาร์ไบด์ ที่เสียดสีกับเหล็กกล้า อะลูมิเนียม ไทเทเนียม ไทเทเนียมไนตรายด์และไทเทเนียมคาร์ไบด์ พบว่าการเสียดสีของหมุดที่เคลือบผิวด้วยไทเทเนียมคาร์ไบด์เสียดสีกับจานที่เคลือบผิวด้วยไทเทเนียมคาร์ไบด์ มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและการสึกหรอต่ำกว่าการเสียดสีของหมุดที่เคลือบผิวด้วยไทเทเนียมคาร์ไบด์เสียดสีกับจานที่เป็นเหล็กกล้า ดังแสดงในรูปที่ 2.12 กล่าวได้ว่าคู่เสียดสีระหว่างคาร์ไบด์กับคาร์ไบด์มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำกว่าคู่เสียดสีระหว่างคาร์ไบด์กับเหล็กกล้า



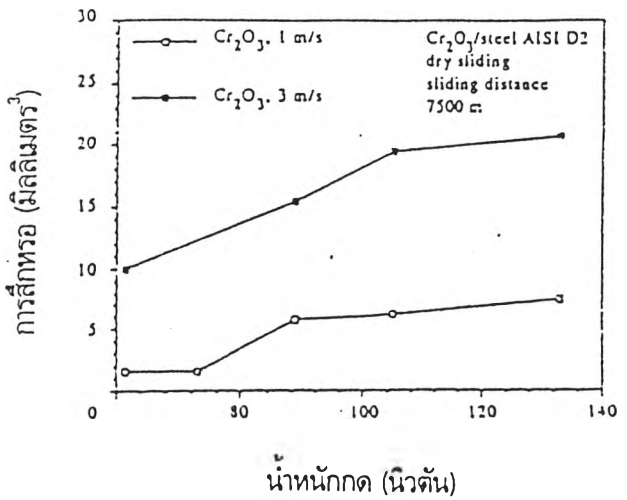
รูปที่ 2.12 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานและการสึกหรอของหมุดกับจานของชั้นเคลือบไททาเนียมคาร์ไบด์เสียดสีกับวัสดุต่างๆ ที่ความเร็วการทดสอบ 0.1 เมตรต่อวินาที น้ำหนักกด 40 นิวตัน ในสภาวะแห้ง

J.E. Fernandez และคณะ [12] ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอ อิทธิพลของน้ำหนักกดและอิทธิพลของความเร็วการเสียดสีของผิวเคลือบ Cr_2O_3 ที่เคลือบบนผิวเหล็ก AISI 1020 ด้วยวิธีพลาสมาสเปรย์ (plasma spray) โดยการเสียดสีกับเหล็กกล้า D2 ด้วยเครื่องมือทดสอบการสึกหรอแบบ block-on-ring พบว่าการสึกหรอกับความเร็วรอบการเสียดสี ที่ความเร็วการเสียดสี 1 เมตรต่อวินาที น้ำหนักกด 88.5 นิวตัน พบว่าค่าการสึกหรอของผิวเคลือบ Cr_2O_3 กับเหล็กกล้า D2 เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบการเสียดสีเพิ่มขึ้นตลอดช่วงระยะทางการทดสอบ 7500 เมตร ด้วยความเร็วรอบ 40 x 10^3 รอบ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



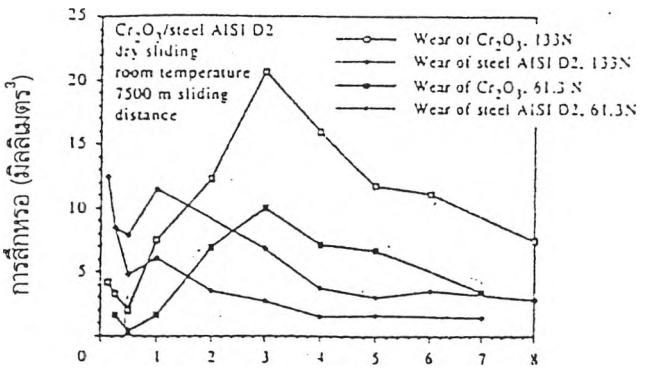
รูปที่ 2.13 ความสัมพันธ์ของการสึกหรอกับระยะทางการเสียดสีของ Cr_2O_3 กับ D2 ที่ความเร็วการเสียดสี 1 เมตรต่อวินาที น้ำหนักกด 88.5 นิวตัน

อิทธิพลของน้ำหนักกดของผิวเคลือบ Cr_2O_3 กับการสึกหรอ ที่ความเร็วการเสียดสี 1 เมตรต่อวินาที และ 3 เมตรต่อวินาที พบว่า การสึกหรอของผิวเคลือบ Cr_2O_3 เพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักกดเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ผลการสึกหรอของชั้นเคลือบ Cr_2O_3 กับน้ำหนักกด ที่ความเร็ว 1 และ 3 เมตรต่อวินาที

สำหรับอิทธิพลของความเร็วการเสียดสีของผิวเคลือบ Cr_2O_3 กับเหล็กกล้า D2 ภายใต้น้ำหนักกด 61.3 นิวตัน และ 133 นิวตัน ระยะทางการทดสอบการเสียดสี 7500 เมตร ทดสอบการเสียดสีที่สภาวะแห้ง ที่อุณหภูมิห้อง สภาวะบรรยากาศ พบว่าสำหรับผิวเคลือบ Cr_2O_3 กับเหล็กกล้า D2 ความเร็วที่ทำให้เกิดการสึกหรอต่ำสุด อยู่ที่ความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที ขณะที่ผิวเคลือบ Cr_2O_3 เกิดการสึกหรอสูงสุดที่ความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที การสึกหรอลดลงเมื่อความเร็วอยู่ในช่วง 0.125-0.5 เมตรต่อวินาที และการสึกหรอเพิ่มขึ้นมากเมื่อความเร็วอยู่ในช่วง 0.5-3 เมตรต่อวินาที และการสึกหรอลดลงอีกครั้งเมื่อความเร็วอยู่ในช่วง 3-8 เมตรต่อวินาที ส่วนในกรณีของเหล็กกล้า D2 เกิดการสึกหรอสูงสุดที่ความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที เกิดการสึกหรอต่ำสุดที่ความเร็ว 0.5 เมตรต่อวินาที การสึกหรอเพิ่มขึ้นในช่วงความเร็ว 0.5-1 เมตรต่อวินาที และการสึกหรอลดลงในช่วงความเร็ว 1-4 เมตรต่อวินาที จากนั้นการสึกหรอที่เกิดขึ้นค่อนข้างคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เมื่อทำการวิเคราะห์รอยเสียดสีกรณีของผิวเคลือบ Cr_2O_3 ด้วย SEM, EDS พบว่าที่ความเร็วต่ำ (0.25 เมตรต่อวินาที) กลไกการสึกหรอเป็นแบบ adhesion ที่ความเร็วปานกลาง (3 เมตรต่อวินาที) กลไกการสึกหรอเป็นแบบการแตกเปราะ และที่ช่วงความเร็วสูง (5-8 เมตรต่อวินาที) กลไกการสึกหรอเป็นแบบการแตกเปราะและแบบ abrasion



รูปที่ 2.15 อิทธิพลของความเร็วกับค่าการสึกหรอของผิวเคลือบ Cr_2O_3 และเหล็กกล้า D2 ภายใต้สภาวะน้ำหนักกด 61.3 นิวตัน และ 133 นิวตัน