รายการอ้างอิง

[1] P. Srichaoroenchai, C. Chongprasitipol and P. Titaram: "Effect of Some Parameters on VC Coating by TRD Process", MSAT-IV, March 31- April 1, 2006, MTEC, Thailand Science Park, pp. 147-149.

[2] ดร.ปนัดดา นิรนาทล้ำพงศ์, การสึกหรอในงานอุตสาหกรรม (ความรู้เบื้องต้นและการป้องกัน) (2545), สำนักพิมพ์ ส.ส.ท (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)

[3] K.H.R.Wright. Tribology handbook. London: Newnes-Butterworth, 1973

[4] Morteza Zandrahimi, M. Reza bateni, A. Poladi, Jerzy A. Szpunar: The formation of martensite during wear of AISI 304 stainless steel, Wear, Vol. 263(2007), pp.674-678

[5] Meng Hua, Xicheng Wei, Jian Li: Friction and wear behavior of sus 304 austenitic stainless steel againt Al2O3 ceramic ball under relative high load, Wear, Vol. 265(2008), pp.799-810

[6] B. Podgornik, S. Hogmark, and O. Sandberg: Influence of surface roughness and coating type on the galling properties of coated forming tool steel, Surf. Coat. Technol., 184(2004), pp. 338-348

[7] B.Podgornik, S.Hogmark, Surface modification to improve friction and galling properties of forming tools, Journal of Materials Processing Technology 174(2006), pp.334-341

[8] ดนุพล เอื้ออภิสิทธิ์วงศ์, การเคลือบชั้นวาเนเดียม-ไนโอเบียมคาร์ไบด์โดยกระบวนการทีอาร์ดี, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[9] M. Hanson, N. Stavlid, E. Coronel and S. Hogmark: On adhesion and metal transfer in sliding contact between TiN and austenitic stainless steel, Wear, Vol. 264(2008), pp. 781-787

[10] Instruction manual, Friction wear tester EFM III-1010-ADX, Orientec Co., Ltd., pp.1-36

[11] J. F. Lin, M. H. Liu and J. D. Wu: Analysis of the friction and wear mechanism of structural ceramic coatings, Wear, Vol. 198(1996), pp. 7-14

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

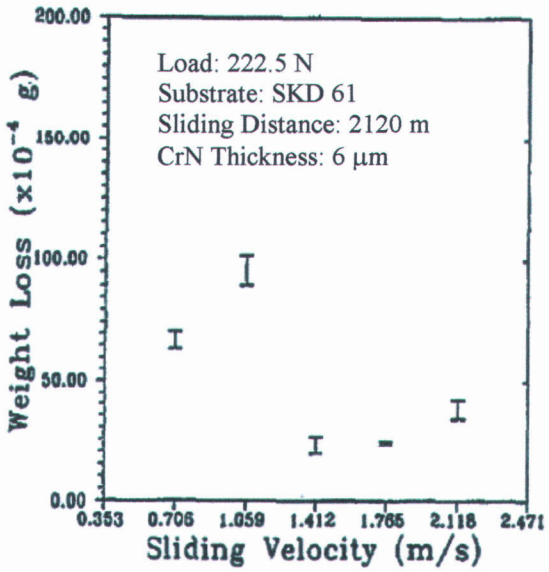
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

J. F. Lin, M. H. Liu and J. D. Wu [11] ศึกษาการสึกหรอของชั้นโครเมียมไนตรายด์ที่เคลือบด้วยกระบวนการเคลือบไอทางกายภาพ (PVD) ไถลบนเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยเครื่องทดสอบแบบ thrust-washer ไม่ใช้สารหล่อลื่นภายใต้ความดันบรรยากาศด้วยแรงกด 133.5-267 นิวตันและความเร็วการไถล 0.706-2.118 เมตร/วินาทีจากผลการทดลองพบว่า ที่ความเร็วการไถลเพิ่มขึ้นในช่วง 1.412 - 2.118 เมตร/วินาทีน้ำหนักที่สูญไปของชั้นโครเมียมไนตรายด์ลดลง อาจเป็นไปได้ว่าอ๊อกไซด์ของโครเมียมที่เกิดขึ้นที่ผิวชั้นเคลือบมีความหนาแน่นพอจะต้านทานการสึกหรอได้ ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุด้วยเครื่อง ESCA ดังตารางที่ 21

ตารางที่ ก.1 อัตราส่วนโดยอะตอมสำหรับองค์ประกอบทางเคมี จากเงื่อนไขการทดลองโดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

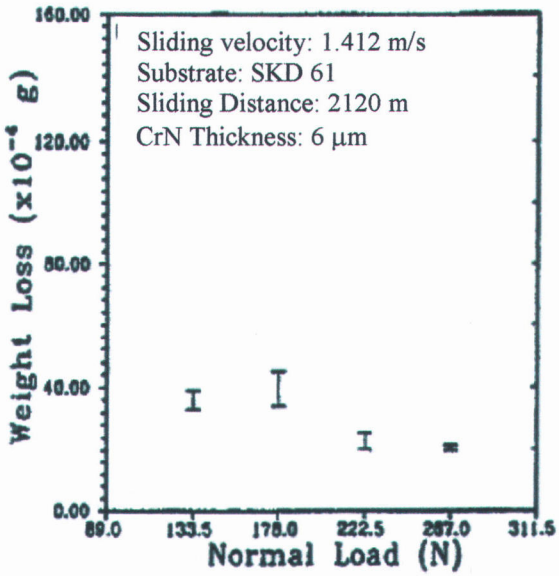
Substrate Material	Material of coating film	Sliding velocity ($m.s^{-1}$)	Sliding distance (m)	Applied load (N)	Atomic ratio (%)			
					Fe	Cr	Mo	W
SKH 51	CrN	0.706	2120	222.5	80.955	14.458	2.377	2.210
		1.059			63.178	34.335	1.532	0.955
		1.412			9.312	90.450	0.000	0.238
		1.765			7.499	91.984	0.219	0.298
SKH 51	CrN	1.412	2120	133.5	87.749	10.711	2.093	1.447
				178.0	43.313	55.759	0.756	0.172
				222.5	9.312	90.450	0.000	0.238
				267.0	14.345	84.800	0.381	0.474

จากตาราง ก.1 วิเคราะห์ปริมาณธาตุของผิวชั้นโครเมียมไนตรายด์หลังไถลคู่กับเหล็กกล้าคาร์บอนพบว่า ความเร็วการไถล 1.412 และ 1.765 เมตรต่อวินาทีธาตุโครเมียมที่ผิวของชั้นเคลือบมีปริมาณเพิ่มขึ้นมากโดยมีปริมาณ 90.5% และ 92.0%โดยอัตราส่วนอะตอมตามลำดับ ธาตุเหล็กมีปริมาณลดลงที่ความเร็วการไถล1.412 และ 1.765 เมตรต่อวินาที โดยมีปริมาณ 9.3% และ 7.5%โดยอัตราส่วนอะตอมตามลำดับ ผิวเคลือบแข็งโครเมียมไนตรายด์สึกหรอน้อยที่ความเร็วการไถลสูงช่วง 1.412-2.118 เมตรต่อวินาทีแสดงในรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 กราฟความสัมพันธ์ของเนื้อชั้นเคลือบที่สูญไปเมื่อความเร็วการไถลเพิ่มขึ้นที่แรงกดคงที่

ในทำนองเดียวกันถ้าให้แรงกดเพิ่มขึ้นปริมาณการสึกหรอของชั้นโครเมียมไนตรายด์ลดลงได้เพราะอิทธิพลจากอ๊อกไซด์ของโครเมียมที่ผิวโครเมียมไนตรายด์แสดงในรูปที่ ก.2

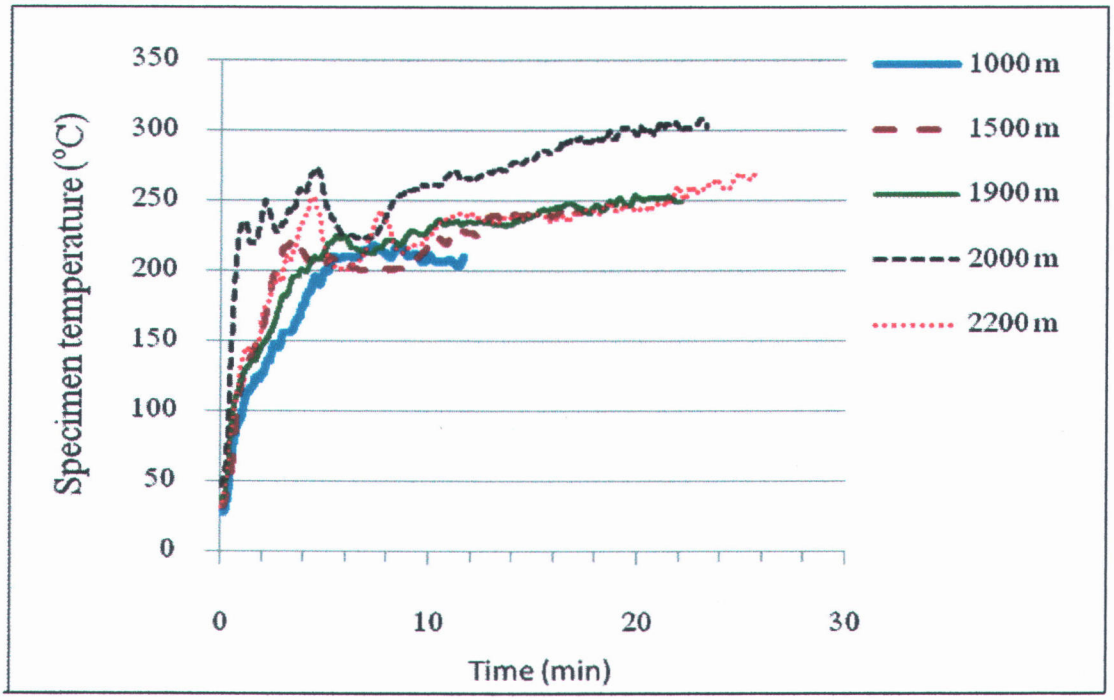


รูปที่ ก.2 เนื้อของชั้นเคลือบผิวแข็งที่สูญไปเมื่อแรงกดมีค่าเพิ่มขึ้นโดยให้ความเร็วไถลคงที่

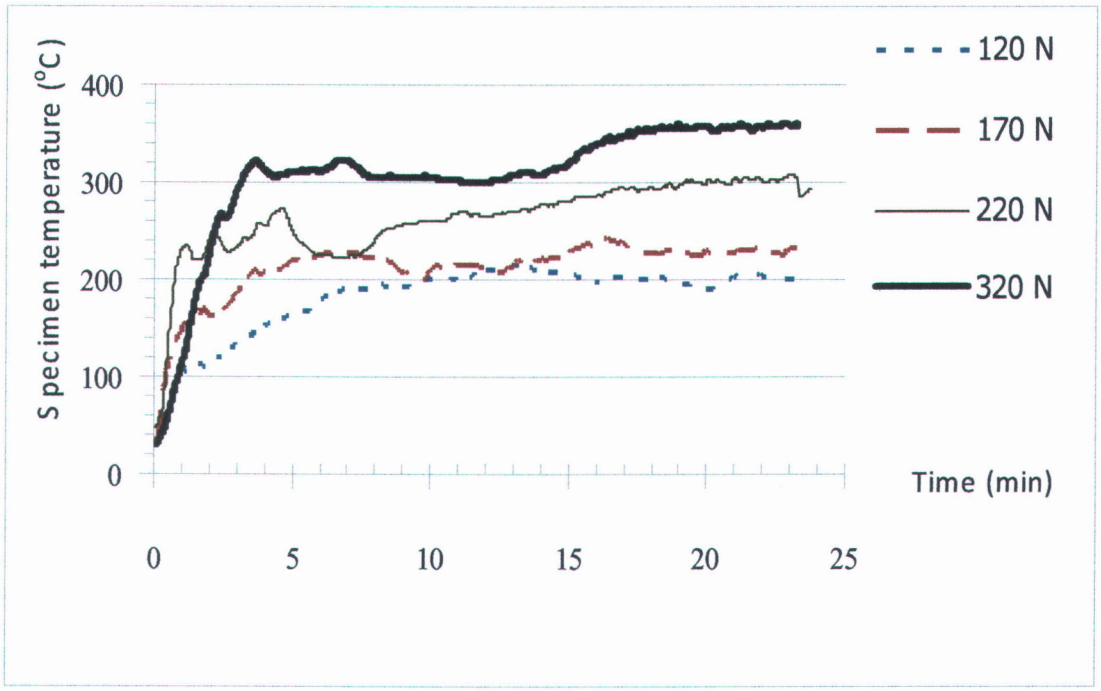
การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอ๊อกไซด์ของโครเมียมที่เกิดขึ้นที่ผิวของชั้นเคลือบที่ความเร็วและแรงกดเพิ่มขึ้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อพฤติกรรมการสึกหรอของชั้นเคลือบ

ภาคผนวก ข

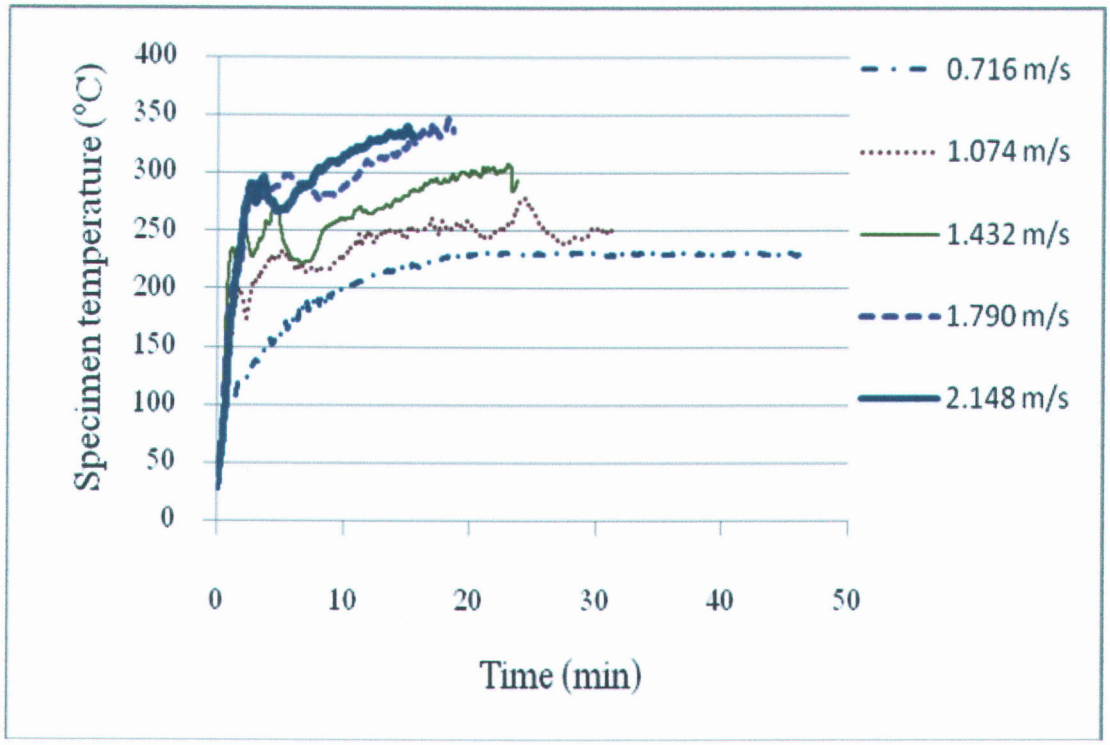
การทดสอบการสึกหรอโดยแปรผันระยะทางไถลช่วง1,000 – 2,200 เมตร



รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเหล็กกล้าไร้สนิมกับระยะทางการไถล



รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเหล็กกล้าไร้สนิมกับเวลาที่แรงกดต่าง ๆ



รูปที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเหล็กกล้าไร้สนิมกับเวลาที่ความเร็วการไถลต่าง ๆ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ชื่อ – นามสกุล	นายรัชตพล ผิวนิ่ม
วัน – เดือน – ปีเกิด	20 เมษายน 2524
ที่อยู่	12 ซ.เบญจมเทพอุทิศ 6 ถนนคีรีรัฐยา ตำบลคลองกระแชง
	อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000
วุฒิการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จบการศึกษา ปี 2538
	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพรหมานุสรณ์ จบการศึกษา ปี 2541
	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จบการศึกษาปี 2545
	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโลหการ
	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จบการศึกษาปี 2552
โทรศัพท์ติดต่อ	081-488-1814