

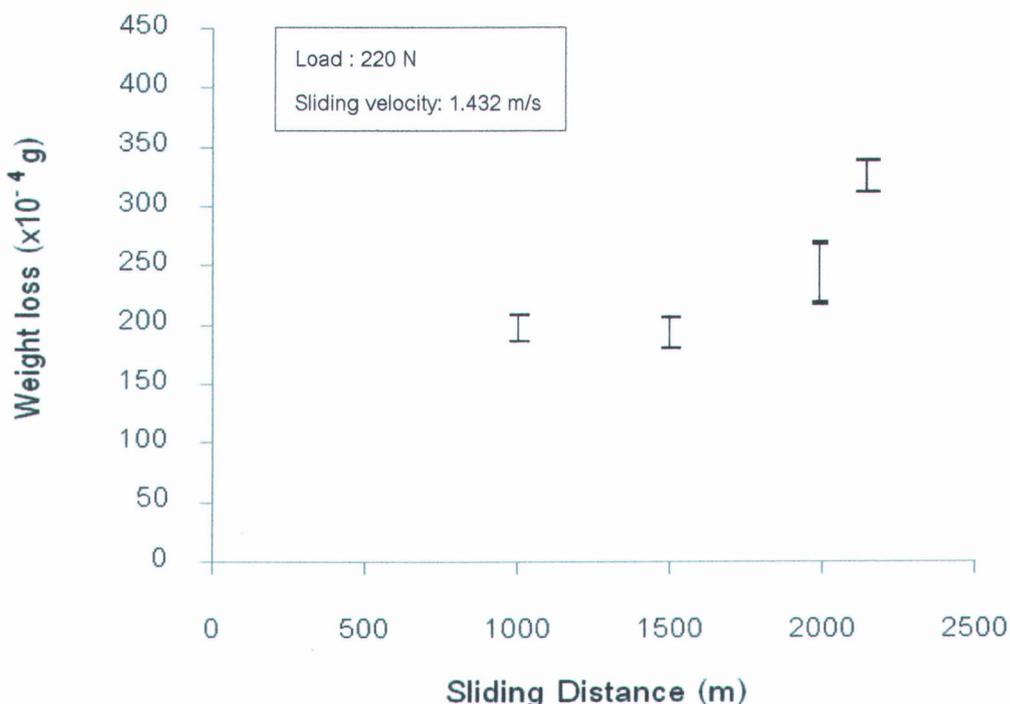
บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปราย

ทดสอบการเกาะติดของเหล็กกล้าไร้สนิมบนชั้นฉนวนเทียมคาร์ไบด์ด้วยเครื่องทดสอบแบบ ring - on - disc โกลแบบแห้งภายใต้ความดันบรรยากาศโดยดิสก์เป็นชั้นฉนวนเทียมคาร์ไบด์ที่เคลือบด้วยกระบวนการ TRD ชัดผิวดิสก์หลังเคลือบด้วยกระดาษทรายเบอร์ 2000 ดิสก์มีค่า ความหยาบผิว Ra ในช่วง 0.10 - 0.15 ไมครอนซึ่งความหยาบผิวในช่วงนี้ช่วยต้านทานการเกาะติดได้[7] วงแหวนเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 เตรียมผิวก่อนการทดสอบด้วยกระดาษทรายเบอร์ P1000

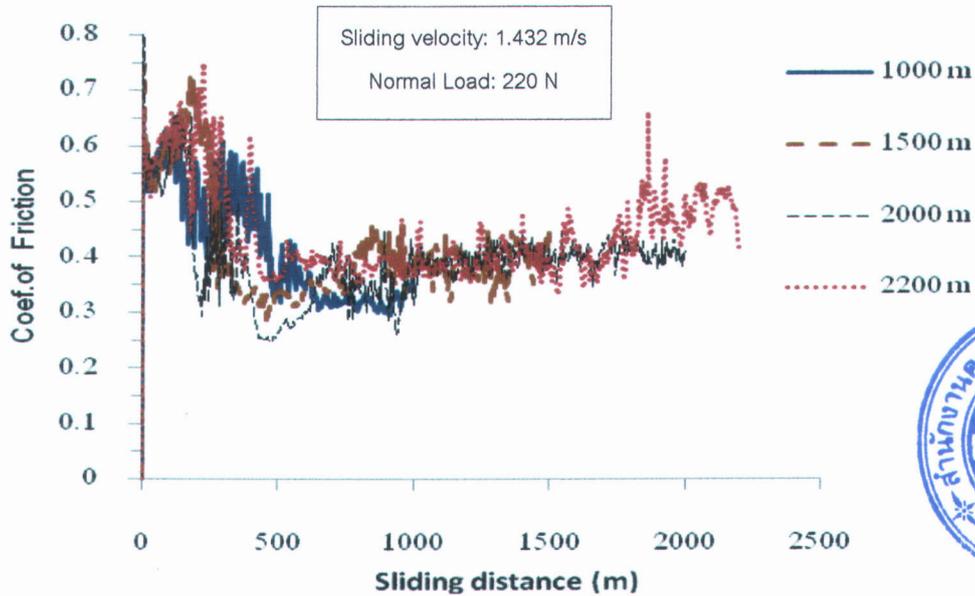
4.1 แปรผันระยะทางการโกลที่แรงกดและความเร็วการโกลคงที่

แปรผันระยะทางการโกลในช่วง 1,000 - 2,200 เมตรที่ระยะทางการโกล 1,000 เมตรและ 1,500 เมตร พบว่าเนื้อวงแหวนที่สูญเสียไปเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 21 มก.แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 24 มก.ที่ระยะทางการโกลเพิ่มขึ้นอีกเป็น 2,000 เมตรและที่ระยะทางการโกล 2,200 เมตรเนื้อวงแหวนสูญเสียไปเพิ่มขึ้นเป็น 34 มก.แสดงในรูปที่ 4.1



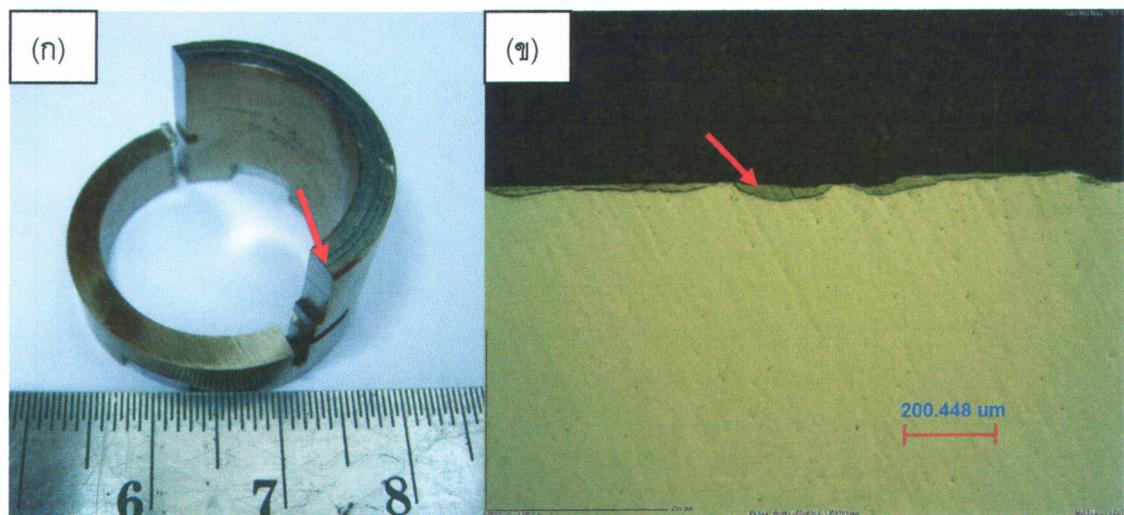
รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมที่สูญเสียไปกับระยะทางการโกล

เนื้อวงแหวนสูญเสียไปเพิ่มขึ้นตามระยะทางการไถลที่เพิ่มสูงขึ้นและค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวงแหวนกับดิสก์เพิ่มสูงถึง 0.7 แล้วลดลงจนถึง 0.3 ในช่วงสั้นๆ แล้วเพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.4 และคงที่จนถึงสิ้นสุดการไถลแสดงในรูปที่ 4.2



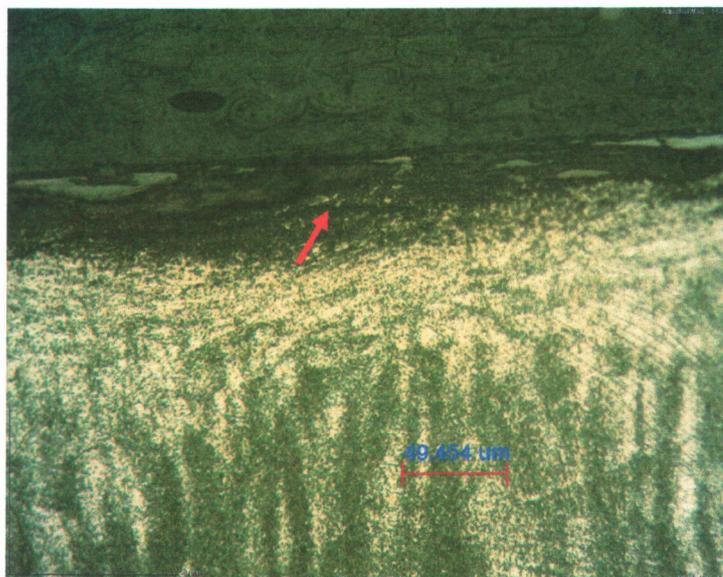
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานกับระยะทางการไถล

การที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลงอาจเป็นไปได้ว่าผิววงแหวนเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ตรวจสอบได้ผิววงแหวนที่ระยะทางการไถล 2,000 เมตร แรงกด 220 นิวตัน ความเร็ว 1.432 เมตร/วินาที โดยตัดวงแหวนในแนวตั้งจากกับระนาบการไถลในรูปที่ 4.3(ก) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงได้ผิวสัมผัสการไถลแสดงในรูปที่ 4.2(ข)



รูปที่ 4.3 (ก) แนวตัดตั้งฉากกับผิววงแหวน (ข) แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ผิววงแหวนตรงหัวลูกศร

พบรอยแตกเป็นแนวยาวในบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิววงแหวนอีกด้วย อาจเป็นไปได้ว่ารอยแตกที่ได้ผิวการไหลของวงแหวนมีส่วนเกี่ยวข้องกับเนื้อวงแหวนที่สูญเสียไป ตามระยะทางการไหลที่เพิ่มมากขึ้นแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 รอยแตกใต้ผิววงแหวนตรงหัวลูกศร

อาจกล่าวได้ว่าที่ระยะทางการไหลตั้งแต่ 2,000 เมตรเป็นระยะที่เริ่มสูญเสียเนื้อวงแหวนไปมากและเป็นไปได้ยิ่งกว่าการสูญเสียเนื้อวงแหวนมากในช่วงนี้เกิดจากชั้นออกไซด์มีความหนาไม่เพียงพอที่จะต้านทานการเกาะติดได้ แสดงในรูปที่ 4.5

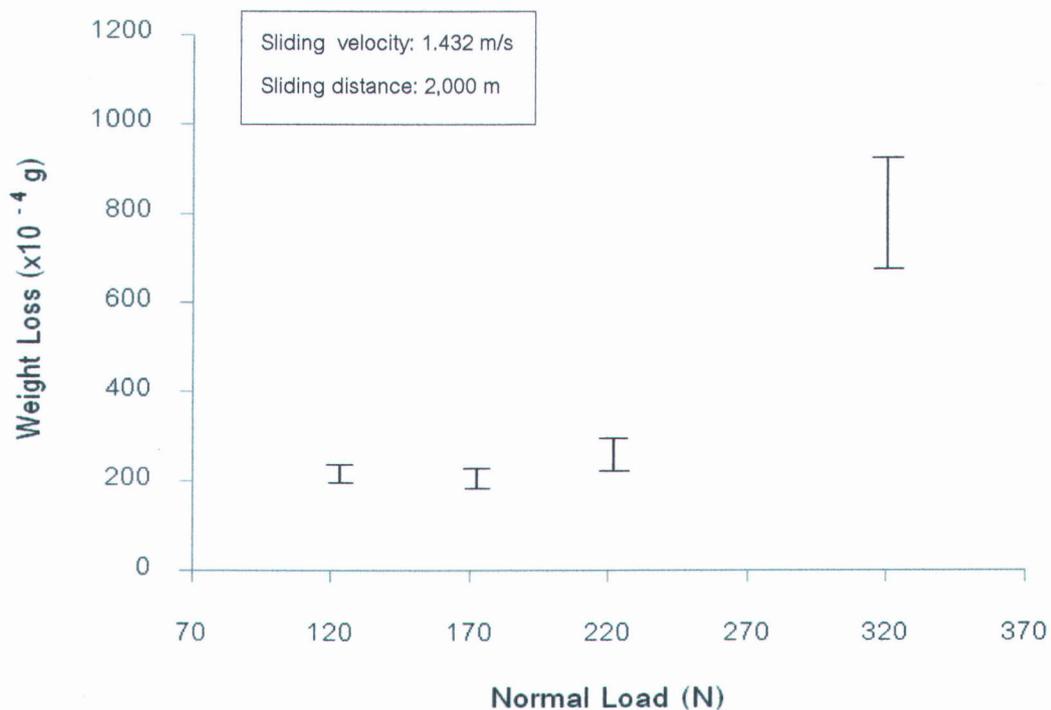


รูปที่ 4.5 ตรงหัวลูกศรแสดงชั้นออกไซด์ปกคลุมตลอดผิวสัมผัสการไหลของวงแหวน และวงรีแสดงบริเวณที่เนื้อวงแหวนสูญเสียไป

นอกจากนี้เมื่อระยะทางไกลเพิ่มขึ้นการสูญเสียเนื้อวงแหวนยังอาจเพิ่มขึ้นได้จากการขัดสีของเศษผง (debris) ซึ่งมีความแข็งสูงเนื่องจากการแปรรูปแบบพลาสติกหรือเกิดการเปลี่ยนเฟสจากเฟสออกเตไนท์ (γ) เป็นมาร์เทนไซต์ (α') บางส่วน

4.2 แปรผันแรงกดที่ความเร็วคงที่

แปรผันค่าแรงกดในช่วง 120 – 320 นิวตันที่ความเร็วการไถล 1.432 เมตร/วินาที ระยะทางการไถล 2,000 เมตร ที่แรงกด 120 นิวตันเนื้อวงแหวนที่สูญเสียไปประมาณ 22 มก. ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำหนักที่สูญเสียไปที่แรงกด 170 นิวตันแล้วเนื้อวงแหวนที่สูญเสียไปเพิ่มขึ้นอีกเป็น 24 มก. ที่แรงกด 220 นิวตันและที่แรงกดเพิ่มขึ้นเป็น 320 นิวตันเนื้อวงแหวนสูญเสียไป 85 มก. โดยเฉลี่ยแสดงในรูปที่ 4.6

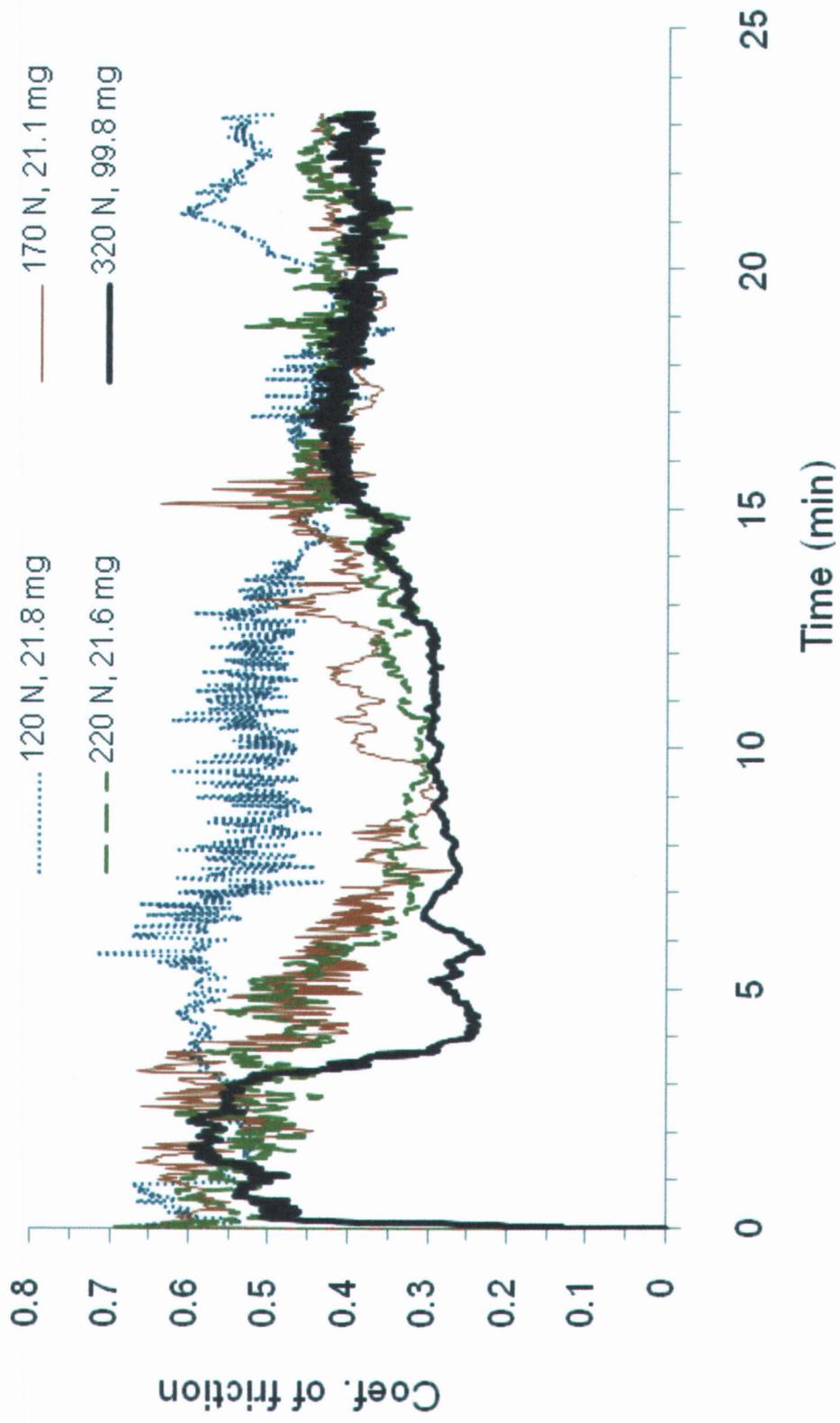


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมที่สูญเสียไปที่แรงกดต่างๆ

เนื้อวงแหวนสูญเสียไปเพิ่มขึ้นตามแรงกดที่เพิ่มสูงขึ้นและเพิ่มขึ้นมากที่แรงกดสูง 320 นิวตันอาจเป็นไปได้ว่าชั้นออกไซด์ที่ผิววงแหวนถูกทำลายไปบางส่วนเนื่องจากภาระแรงกระทำที่สูงและระยะทางการไถลเพิ่มมากขึ้น

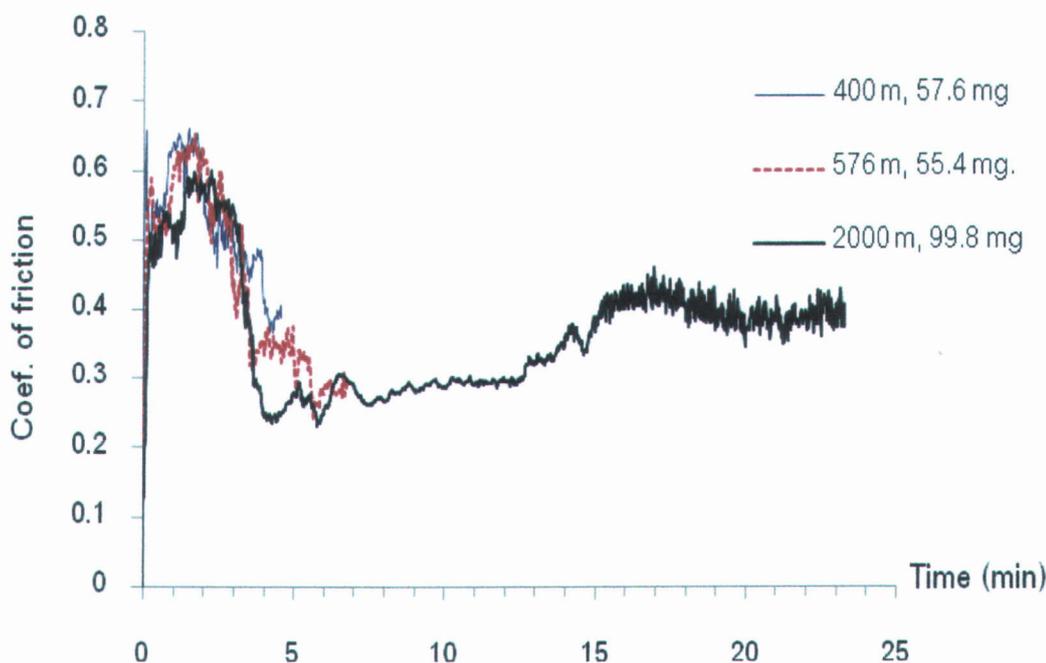
พิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่แรงกดเพิ่มขึ้น ที่แรงกด 120 นิวตัน เส้นกราฟสีฟ้าแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่าสูง 0.60 ตั้งแต่เริ่มไถลจนถึงนาทีที่ 14 ของเวลาการไถลซึ่งลดลงเป็น 0.4 ช่วงสั้นๆแล้วเพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.65 ในนาทีที่ 20 แล้วลดลงเล็กน้อย

ก่อนสิ้นสุดการไหล ที่แรงกด 170 นิวตันกราฟเส้นสีน้ำตาลค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่า 0.60 ตั้งแต่เริ่มการไหลแล้วลดลงอย่างช้าๆจน ถึง 0.4 ในนาที่ที่ 8 แล้วคงที่จนนาที่ที่ 15 – 16 ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายเพิ่มขึ้นถึง 0.7 ช่วงสั้นๆ แล้วลดลงเป็น 0.4 คงที่จนสิ้นสุดการไหล ที่แรงกด 220 นิวตันเส้นกราฟสีเขียวในช่วง 3 นาทีแรกแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายลดลงจาก 0.6 เป็น 0.3 ช่วงสั้นๆ แล้วเพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.4 ช่วงสั้นๆ แล้วลดลงต่ำถึง 0.25 ช่วงสั้นๆแล้วเพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.4 และคงที่จนสิ้นสุดการไหล ที่แรงกด 320 นิวตันเส้นกราฟสีดำแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่าลดลง จาก 0.6 เป็น 0.25 ในนาที่ที่ 4 และยังคงต่ำ 0.25- 0.30 จนถึงนาที่ที่ 13 แล้วค่อยๆเพิ่มขึ้นเป็น 0.4 และคงที่จนสิ้นสุดการไหลแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับเวลาการไหลที่แรงกดต่างๆและแสดงน้ำหนักที่สูญเสียไปของเหล็กกล้าไร้สนิม

เปรียบเทียบเนื้องวงแหวนที่สูญเสียไปในช่วงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลงต่ำที่ระยะทางไกล 400 เมตรและ 576 เมตรพบว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 56 มก. ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ลดลงถึง 0.25 อาจเป็นไปได้ว่าเนื้องวงแหวนไม่เกิดการเกาะติดบนชั้นเคลือบ น้ำหนักวงแหวนที่สูญเสียไปตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดการไกลที่ระยะทาง 2,000 เมตรมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเป็น 100 มก. แสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานกับเวลาการไกลที่แรงกด 320 N และแสดงน้ำหนักที่สูญเสียไปของเหล็กกล้าไร้สนิม

ในช่วง 3 นาทีแรกค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่าสูงกว่า 0.5 การไกลของวงแหวนกับดิสก์มีเสียงดังเป็นระยะๆ แล้วเงียบลงเมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานลดลงจนถึง 0.25 และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยังคงต่ำในช่วงเวลา 4 – 15 นาทีนับจากเริ่มไกล แล้วเสียงจากการไกลดังขึ้นอีกตามค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่เพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.4 จนถึงสิ้นสุดการไกล

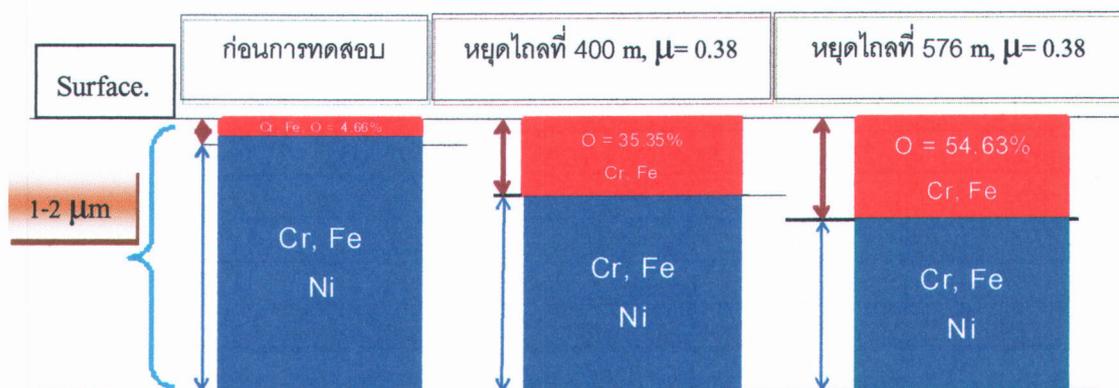
เมื่อนำวงแหวนที่รับแรงกด 320 นิวตันและความเร็วไกล 1.432 เมตร/วินาทีไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุที่ผิวการไกลด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope - EDS (SEM-EDS) พบว่า%โดยอะตอมของธาตุออกซิเจนของผิววงแหวนก่อนการทดสอบมีธาตุออกซิเจน 4.66% โดยอะตอมและตั้งแต่ระยะทางการไกล 400 เมตรมีธาตุออกซิเจนเพิ่มขึ้นเป็น 35.35% แล้วเพิ่มขึ้นอีกที่ระยะทางการไกลตั้งแต่ 576 เมตรเป็น 54.63 แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM-EDS

วงแหวน (320 N, 1.432 m/s)	%โดยอะตอมของธาตุ			
	O	Cr	Fe	Ni
ก่อนการทดสอบ (Un-Oxidized)	4.66	18.38	68.08	8.88
หยุดที่ระยะทางการไถล 400 m ($\mu=0.38$)	35.35	11.08	47.19	5.05
หยุดที่ระยะทางการไถล 576 m ($\mu=0.28$)	54.63	9.44	29.17	3.23

เมื่อเปรียบเทียบวงแหวนก่อนและหลังการไถลพบว่าปริมาณออกซิเจนที่ก่อนการทดสอบมีประมาณน้อยกว่าออกซิเจนที่หลังการทดสอบ 5 ถึง 7 เท่า อาจเป็นไปได้ว่าผิววงแหวนหลังการทดสอบมีออกไซด์ปกคลุมอยู่และออกไซด์ที่เกิดขึ้นนี้อาจมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นหรือหนาเพิ่มขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายที่ลดลงถึง 0.25 ในเวลา 3 นาทีแรกของการทดสอบ แสดงในรูปที่ 4.9

วิเคราะห์ปริมาณธาตุบนผิววงแหวนด้วย SEM-EDS



รูปที่ 4.9 แบบจำลองแสดงปริมาณออกไซด์จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง SEM-EDS

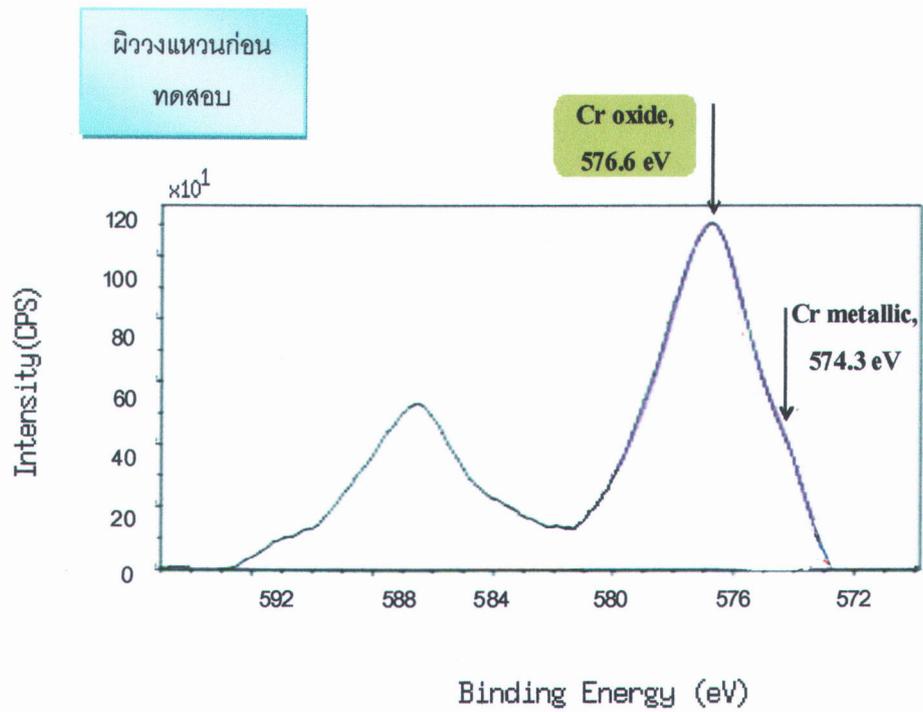
นำวงแหวนตามตารางที่ 4.1 มาวิเคราะห์ออกไซด์ด้วยเครื่อง X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) ผลการวิเคราะห์สารประกอบที่ผิววงแหวนด้วยเครื่อง XPS พบว่าวงแหวนก่อนการทดสอบมีออกไซด์ของโครเมียมหนาแน่น 14.52% แต่ไม่พบออกไซด์ของเหล็กและวงแหวนที่ระยะทางการไถลตั้งแต่ 400 เมตรออกไซด์ของเหล็กมี 25.51% และลดลงเป็น 12.95% ที่ระยะทางการไถลตั้งแต่ 576 เมตร ส่วนออกไซด์ของโครเมียมที่ระยะทางการไถลตั้งแต่ 400 เมตรมีปริมาณลดลงเป็น 0.78% และเพิ่มขึ้นเป็น 1.84% ที่ระยะทางการไถลตั้งแต่ 576 เมตร ผลวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์สารประกอบออกไซด์ที่ผิววงแหวนด้วยเครื่อง XPS

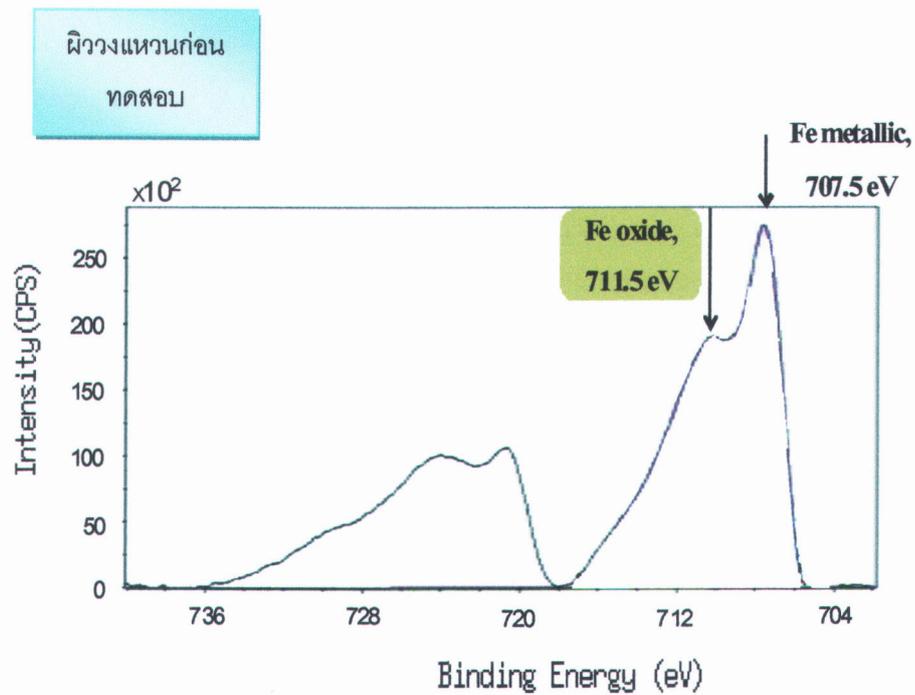
วงแหวน (320 N, 1.432 m/s)	Atomic concentration %		
	O	Cr	Fe
ก่อนการทดสอบ (Un-Oxidized)	43.92	14.52	0
หยุดที่ระยะทางการไถล 400 m ($\mu=0.38$)	45.12	0.78	25.51
หยุดที่ระยะทางการไถล 576 m ($\mu=0.28$)	37.14	1.84	12.95

จากตารางที่ 4.2 ออกไซด์ของเหล็กลดลงจาก 25.51% เป็น 12.95% ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ลดลงจาก 0.38 จนถึง 0.28 อาจเป็นไปได้ว่าออกไซด์ของเหล็กมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกาะติดบนชั้นเคลือบในช่วงแรกของการไถล

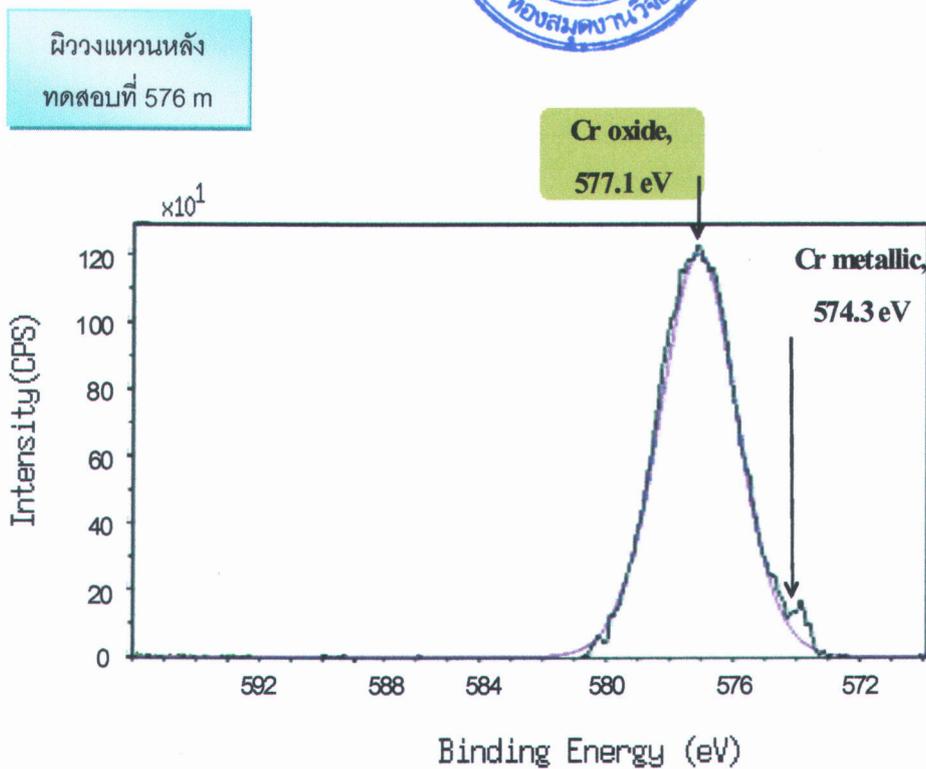
ผลวิเคราะห์ออกไซด์บนผิวเหล็กกล้าไร้สนิมก่อนและหลังการทดสอบที่ระยะทางการไถล 576 เมตรและ 2,000 เมตร แสดงในรูปที่ 4.10 - 4.15



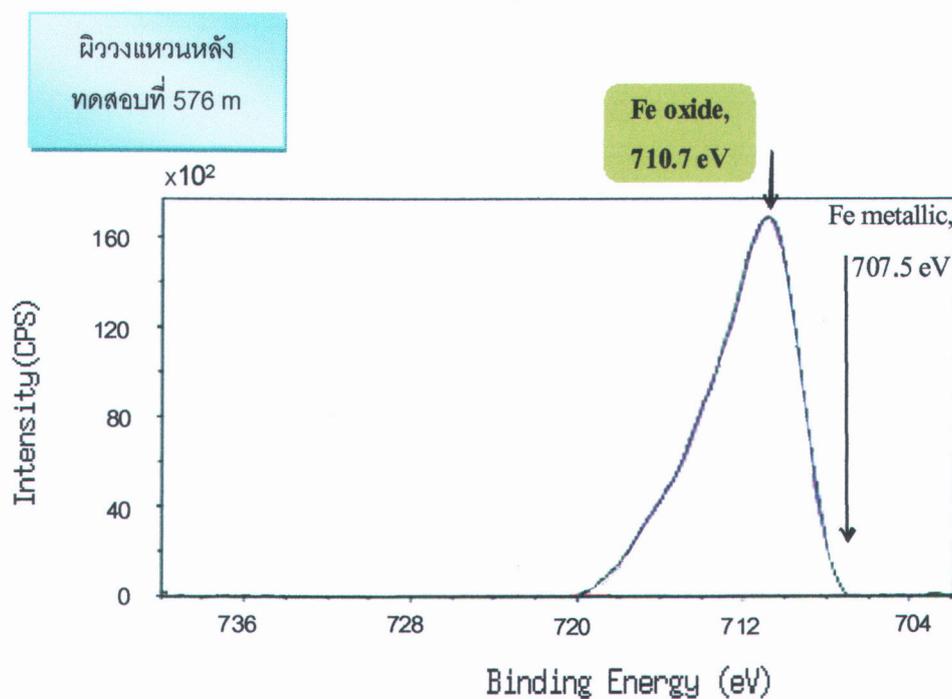
รูปที่ 4.10 วิเคราะห์ออกไซด์ของโครเมียมบนผิววงแหวนก่อนการทดสอบด้วยเครื่อง XPS



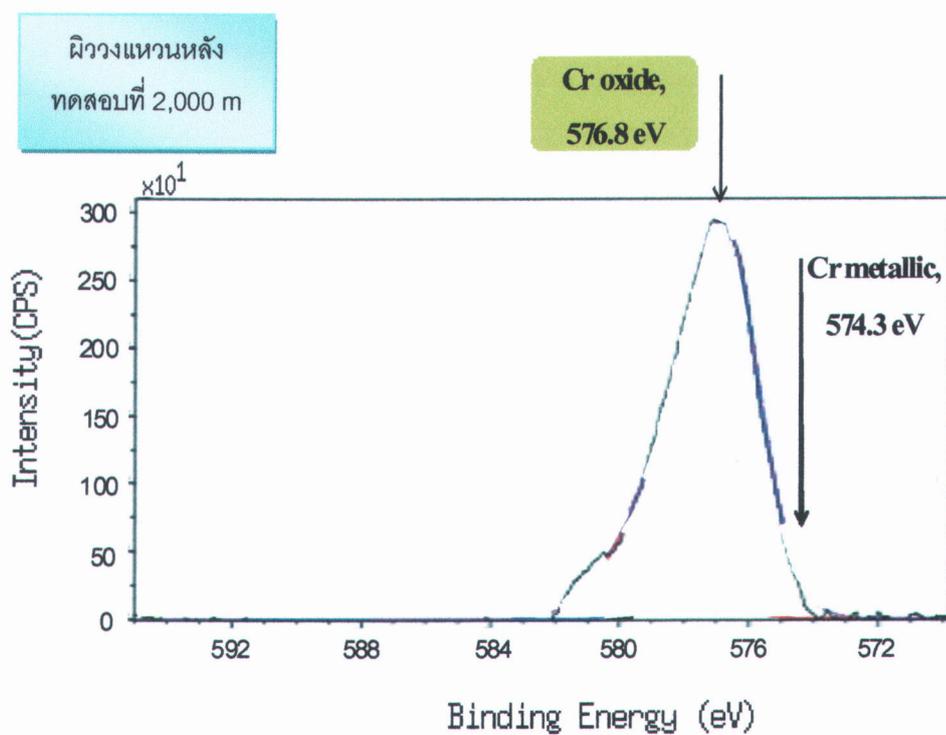
รูปที่ 4.11 วิเคราะห์ออกไซด์ของเหล็กบนผิววงแหวนก่อนการทดสอบด้วยเครื่อง XPS



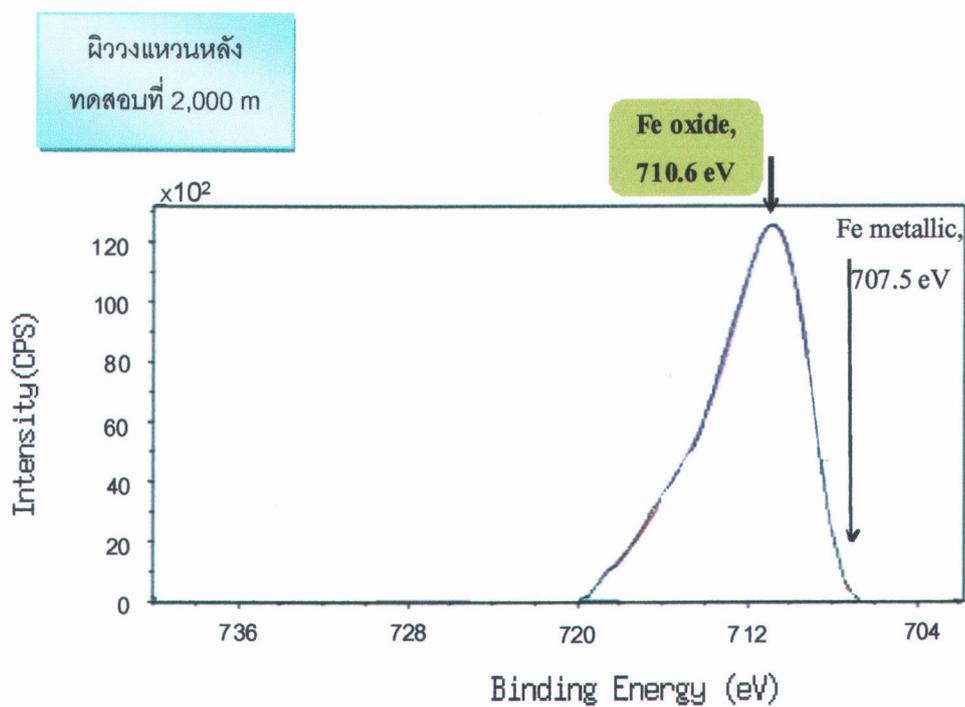
รูปที่ 4.12 วิเคราะห์ออกไซด์ของโครเมียมบนผิววงแหวนที่ระยะไกลการไกล 576 m ด้วยเครื่อง XPS



รูปที่ 4.13 วิเคราะห์ออกไซด์ของเหล็กบนผิววงแหวนที่ระยะไกลการไกล 576 m ด้วยเครื่อง XPS

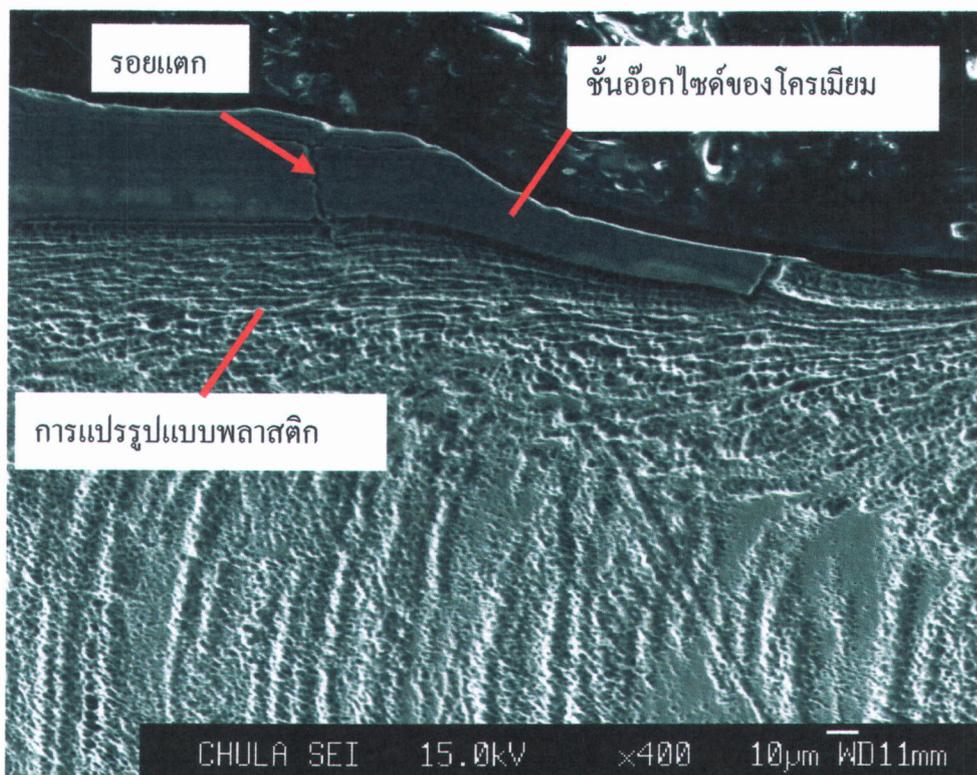


รูปที่ 4.14 วิเคราะห์หีอกไซด์ของโครเมียมบนผิววงแหวนที่ระยะไกลการไกล 2,000 m ด้วยเครื่อง XPS



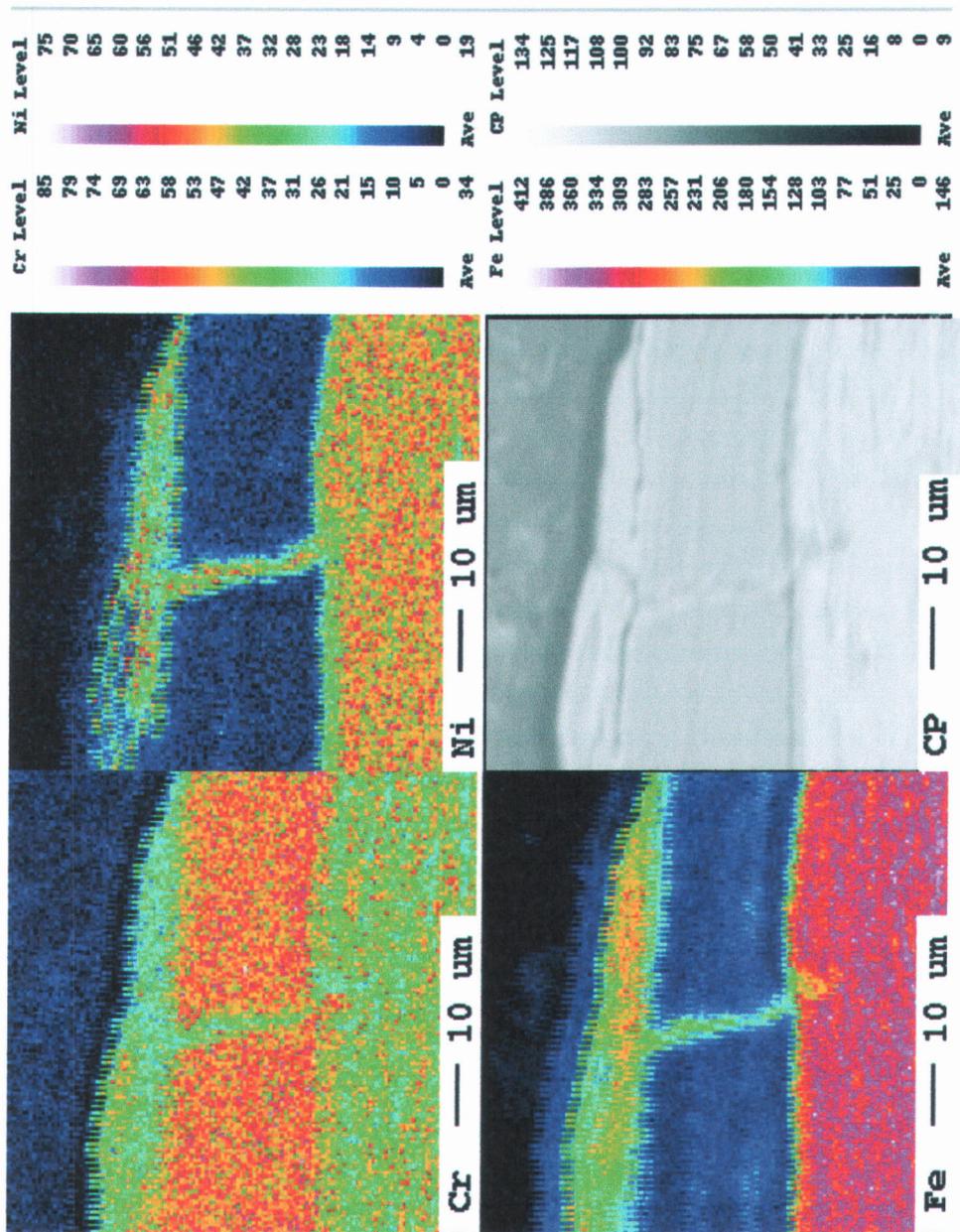
รูปที่ 4.15 วิเคราะห์หีอกไซด์ของเหล็กบนผิววงแหวนที่ระยะไกลการไกล 2,000 m ด้วยเครื่อง XPS

ตรวจสอบผิววงแหวน ที่แรงกด 320 นิวตันที่ระยะทาง 576 เมตรด้วยการตัดตามแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหล พบว่าผิววงแหวนมีการเปลี่ยนแปลงไปแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงที่ผิวสัมผัสการไหลของวงแหวนที่ระยะทางการไหล 576 เมตร และการแปรรูปแบบพลาสติก

วิเคราะห์ผิววงแหวนบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยเครื่อง EPMA แสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ผลวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA ที่ผิววงแหวนบริเวณที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ผลวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EPMA พบว่าบริเวณผิวที่เกิดการเปลี่ยนแปลงมีธาตุโครเมียมซึ่งเห็นเป็นจุดสีแดงและสีเหลืองกระจายอยู่หนาแน่นและในพื้นที่เดียวกันไม่พบธาตุเหล็ก และนักเกิลจึงอาจเป็นไปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ผิววงแหวนเป็นชั้นออกไซด์ของโครเมียมซึ่งมีความหนาประมาณ 10-25 ไมครอนและที่ได้ชั้นออกไซด์ของโครเมียมพบธาตุเหล็ก โครเมียม และนิกเกิลอยู่บนพื้นที่เดียวกันซึ่งสรุปได้ว่าเป็นเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมและเป็นบริเวณที่เกิดการแปรรูปแบบพลาสติกประมาณ 30 ไมครอนลึกจากชั้นออกไซด์ของโครเมียม

ที่แรงกดสูง 320 นิวตันชั้นออกไซด์ของโครเมียมที่ผิววงแหวนมีความหนามากกว่าที่แรงกดต่ำกว่าอาจเป็นไปได้ว่าแรงกดที่สูงช่วยเร่งอัตราการแพร่ของธาตุโครเมียมในเนื้อเหล็กจนออกไซด์ของโครเมียมมีอิทธิพลเหนือกว่าออกไซด์ของเหล็กทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายลดลงถึง 0.25 ตั้งแต่นาทีที่ 4 และยังคงต่ำจนถึงนาทีที่ 13 นับจากเริ่มการไถล

น้ำหนักที่สูญเสียไปของวงแหวนเพิ่มขึ้นอีกเมื่อระยะเวลาทางการไถลเพิ่มขึ้นอีกเป็น 2,000 เมตร อาจเป็นไปได้ว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปส่วนใหญ่เกิดจากการเกาะติดในบริเวณผิวของวงแหวนไม่มีชั้นออกไซด์ของโครเมียมปกคลุม

จากการทดสอบให้แรงกด 320 N และหยุดไถลที่ระยะเวลาทางการไถล 400, 576 และ 2,000 เมตร สัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่า 0.38, 0.25 และ 0.40 ตามลำดับ ที่ระยะไถล 400 และ 576 เมตรพบว่าเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมเกาะติดบนชั้นวานาเดียมคาร์ไบด์แสดงในรูปที่ 4.18



(ก) 400 m

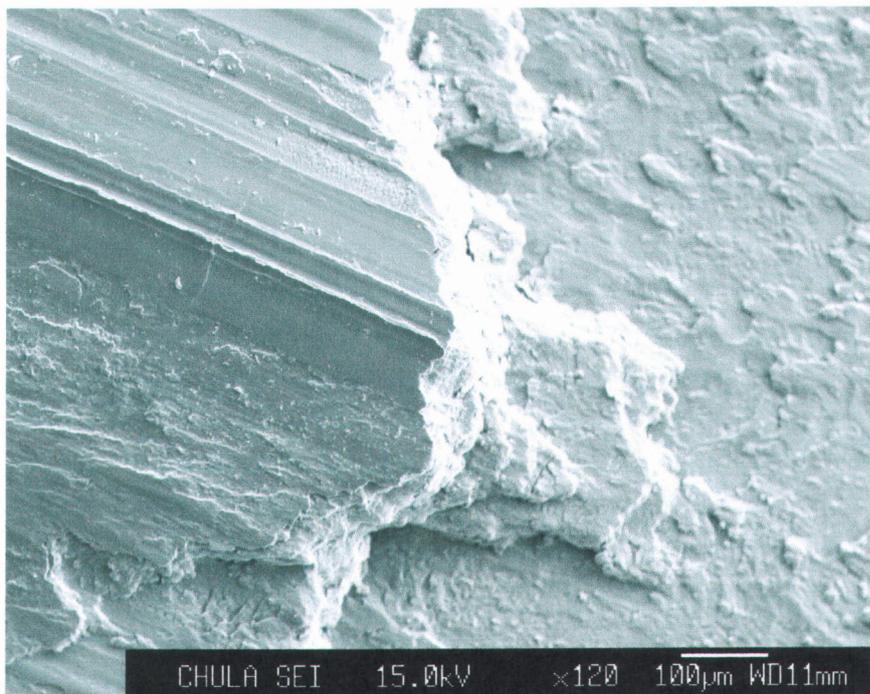
(ข) 576 m



(ค) 2,000 m

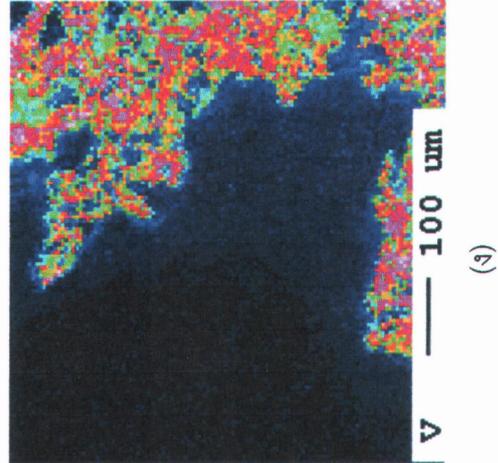
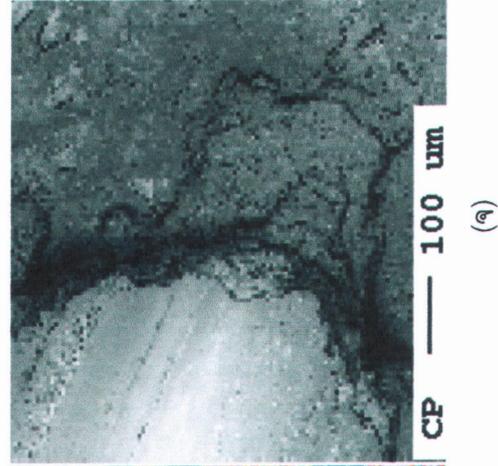
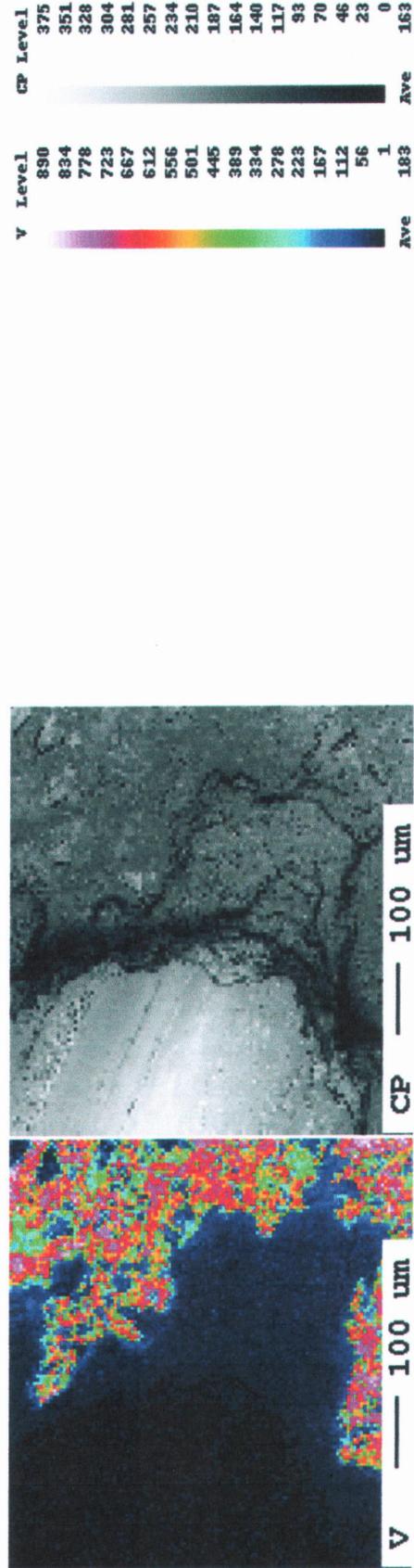
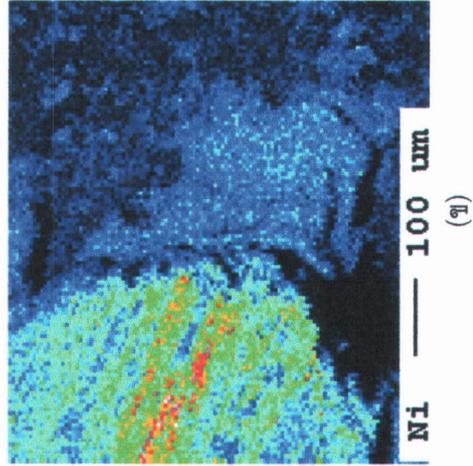
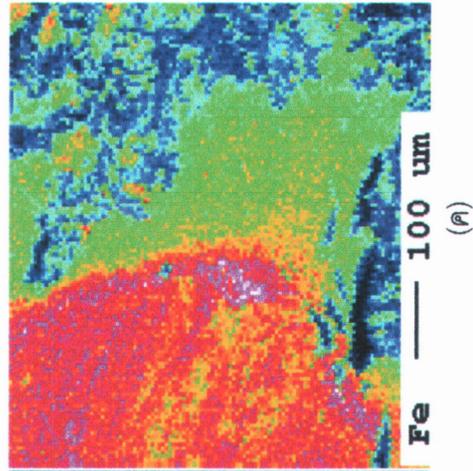
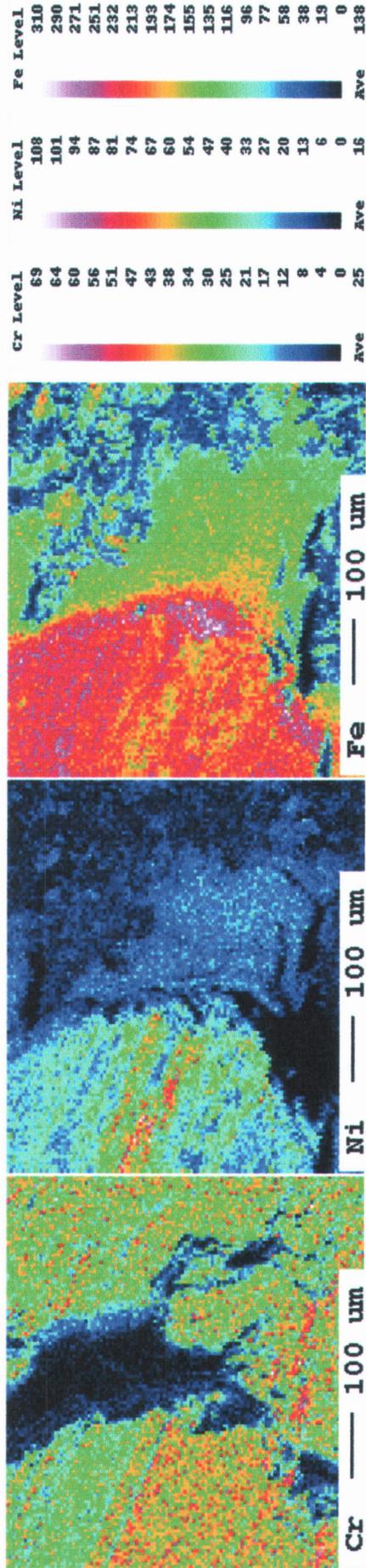
รูปที่ 4.18 เนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมเกาะติดบนชั้นวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่หยุดที่ระยะทางต่างๆ

ที่ระยะทางการไถล 400 เมตร และ 576 เมตรมีเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมเกาะติดที่ชั้นวาเนเดียมคาร์ไบด์ 25 มก. และ 10 มก. แสดงในรูปที่ 4.19 และที่ระยะ 2,000 เมตรพบว่าน้ำหนักของดิสก์ไม่เพิ่มขึ้น อาจเป็นไปได้ว่าเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมที่เคยเกาะติดบนชั้นเคลือบได้หลุดออกในระหว่างการไถล



รูปที่ 4.19 เหล็กกล้าไร้สนิมเกาะติดบนชั้นเคลือบที่ระยะทางการไถล 576 m แรงกด 320 N และความเร็วการไถล 1.432 m/s รูปจากกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาดกำลังขยาย 120 เท่า

เกิดการเกาะติดของเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมบนชั้นเคลือบปรากฏทางซ้ายของรูปที่ 4.19 ซึ่งมีลักษณะนูนขึ้นจากชั้นเคลือบและทางขวาของรูปแสดงให้เห็นบริเวณผิวที่ไม่มีการเกาะติดของเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อนำวงแหวนที่หยุดที่ระยะทางการไถล 576 เมตร มาวิเคราะห์ธาตุบริเวณที่เกิดการเกาะติดด้วยเครื่อง Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EPMA) ผลการวิเคราะห์แสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 วิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง EPMA บริเวณที่เกิดการเกาะติดบนพื้นวานเดียมคาร์ไบด์ (ก) Cr (ข) Ni (ค) Fe (ง) V

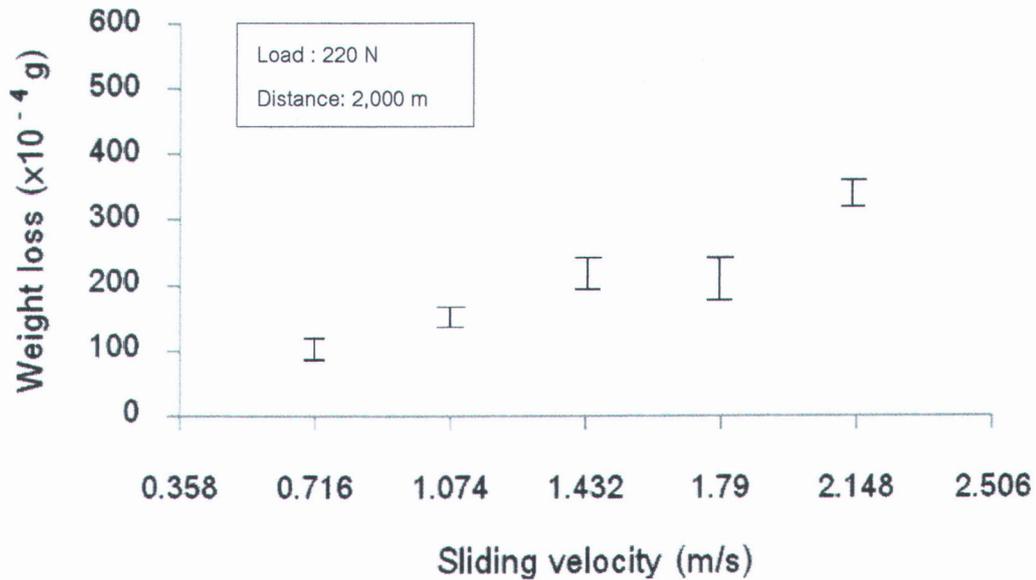
ผลการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่อง EPMA บริเวณที่เกิดการเกาะติดบนชั้นวานาเดียมคาร์ไบด์ พบว่าพื้นที่ที่มีการเกาะติดมีธาตุโครเมียม นิกเกิลและเหล็กอยู่ร่วมกันแสดงในรูปที่ 4.20 (ก), (ข) และ (ค) จึงสรุปได้ว่าเป็นบริเวณที่เกิดการเกาะติดของเนื้อของเหล็กกล้าไร้สนิมและบริเวณที่ไม่พบการเกาะติดทางขวางมือของรูปที่ 4.20 (จ) พบว่ามีธาตุวานาเดียมหนาแน่นซึ่งสรุปได้ว่าเป็นชั้นวานาเดียมคาร์ไบด์และบนชั้นวานาเดียมคาร์ไบด์มีธาตุโครเมียมกระจายตัวอยู่โดยไม่ปรากฏว่ามีธาตุเหล็กและนิกเกิลรวมอยู่ด้วยจึงสรุปได้ว่าเป็นอ็อกไซด์ของโครเมียมที่เกาะติดอยู่บนชั้นวานาเดียมคาร์ไบด์

หากปริมาณอ็อกไซด์ของโครเมียมมากกว่าอ็อกไซด์ของเหล็กการเกาะติดอาจเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดขึ้นเลย [9] การที่ผิวเหล็กกล้าไร้สนิมได้รับแรงกดมาก 320 นิวตันอาจเป็นไปได้ว่าแรงกดที่สูงอาจเร่งการแพร่ของโครเมียมมาที่ผิววงแหวนซึ่งทำให้เกิดอ็อกไซด์ที่มีโครเมียมมากกว่าเหล็ก

ดังนั้นแรงกดจึงเป็นตัวแปรสำคัญของการสูญเสียของเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมแต่อย่างไรก็ตามเมื่อให้แรงกดสูงถึง 320 นิวตัน การสูญเสียของเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมลดลงได้เนื่องจากเกิดขึ้นอ็อกไซด์ของโครเมียมซึ่งมีความหนาเพียงพอที่จะสามารถต้านทานการเกาะติดได้

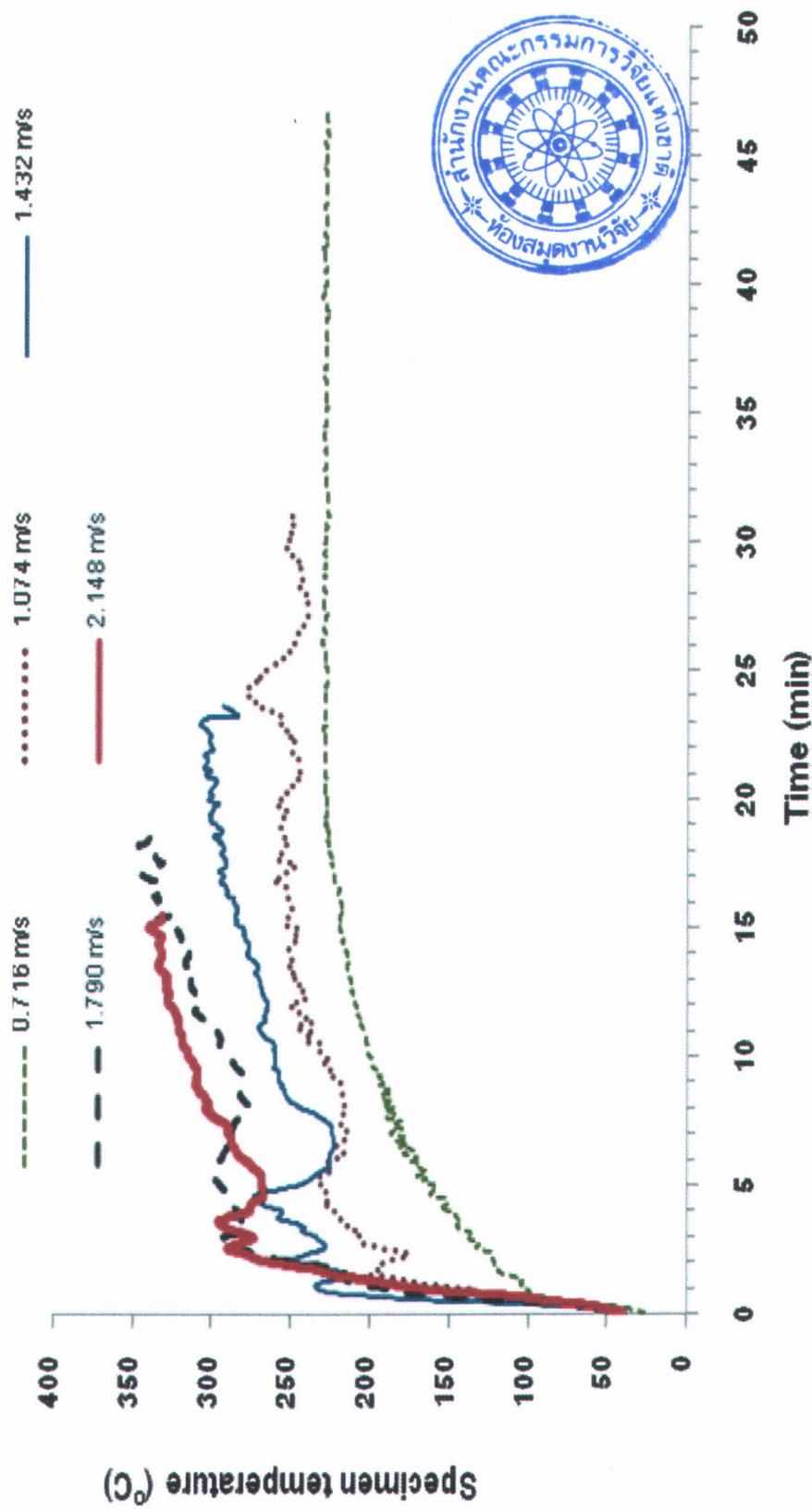
4.3 การแปรผันความเร็วการไหลที่แรงกดคงที่

การแปรผันความเร็วการไหลในช่วง 0.716-2.148 เมตร/วินาทีด้วยแรงกด 220 นิวตัน ระยะทางการไหล 2,000 เมตร พบว่าที่ความเร็ว 0.716 เมตร/วินาทีที่น้ำหนักที่สูญเสียไปของวงแหวนมีค่า 13 มก.และที่ 1.074 เมตร/วินาทีที่น้ำหนักสูญเสียไปเพิ่มขึ้นเป็น 17 มก. ที่ 1.432 เมตร/วินาที น้ำหนักวงแหวนที่สูญเสียไปเพิ่มขึ้นเป็น 24 มก.ซึ่งใกล้เคียงกับ 1.790 เมตร/วินาทีและเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นอีกเป็น 2.148 เมตร/วินาทีที่น้ำหนักวงแหวนที่สูญเสียไปมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 35 มก.แสดงในรูปที่ 4.21

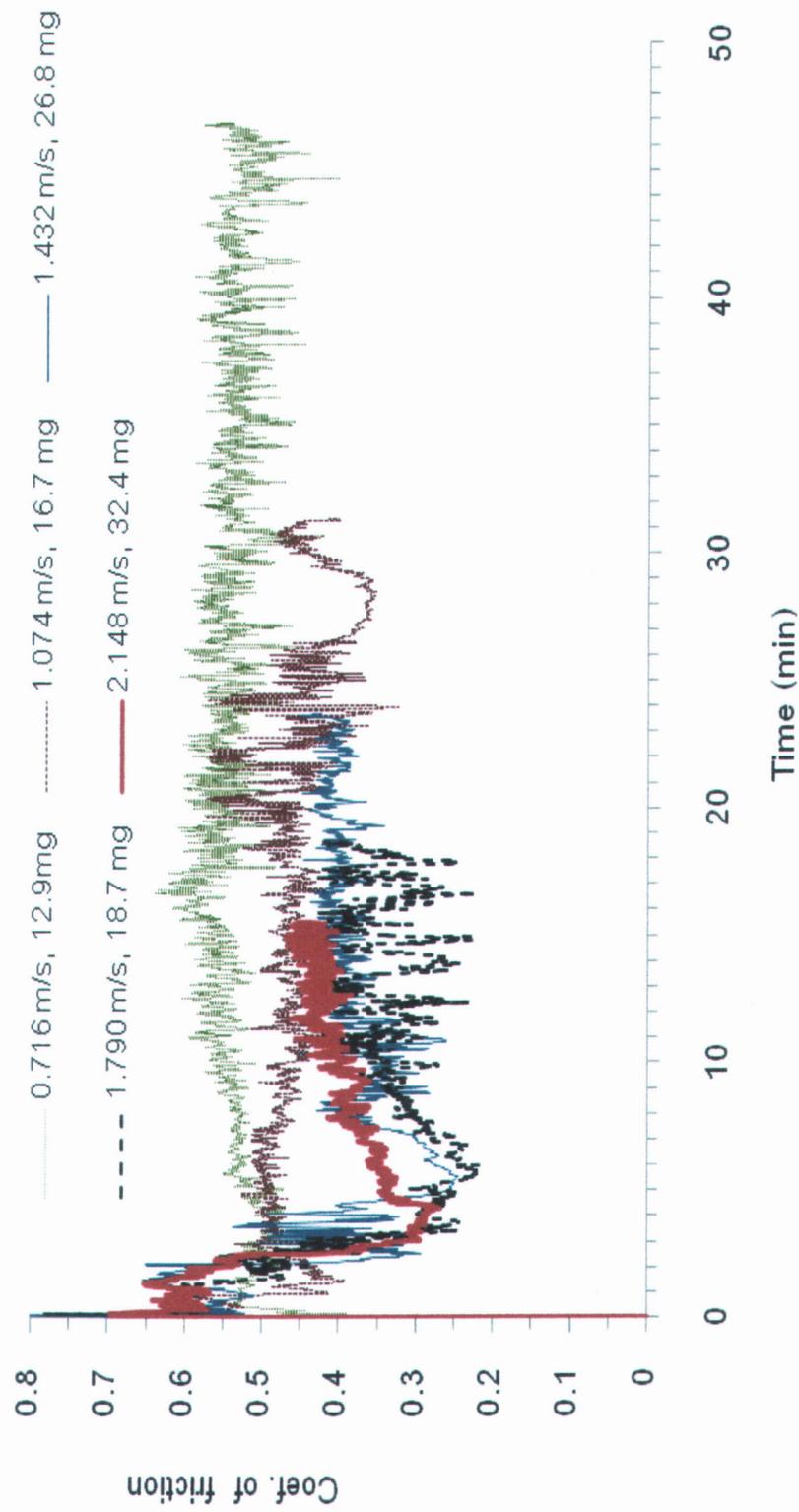


รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ของเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมที่สูญเสียไปที่ความเร็วต่างๆ

ที่ความเร็วการไถลดต่ำ 0.716 เมตร/วินาที ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่าประมาณ 0.55 ตั้งแต่แรกจนถึงสิ้นสุดการไถลด แสดงว่าการเกาะติดเกิดขึ้นน้อยตั้งแต่แรกและค่อยๆ สะสมจนถึงสิ้นสุดการไถลด อุณหภูมิของวงแหวนก็ค่อยๆ เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 230°C และคงที่จนถึงสิ้นสุดการไถลดแสดงในรูปที่ 4.22 ซึ่งน้ำหนักที่สูญเสียไปของเหล็กกล้าไร้สนิมมีค่าประมาณ 13 มก. ที่ความเร็ว 1.074 เมตร/วินาที ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่าประมาณ 0.45 และที่เวลาการไถลดตั้งแต่ 20 นาที ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นแล้วลดลงอย่างกะทันหัน ตลอดเวลาจนถึงนาทีที่ 27 นับจากเริ่มการไถลดแล้วค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่าลดลงจาก 0.45 เป็น 0.35 เป็นเวลาประมาณ 4 นาทีแล้วมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเป็น 0.45 อาจเป็นไปได้ว่าการเกาะติดเกิดขึ้นมากตั้งแต่นาทีที่ 20 และเกิดการเกาะติดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงนาทีที่ 27 จากการทดสอบในช่วงนาทีที่ 20-27 ยังพบว่ามีเสียงดังเป็นระยะๆ ก่อนที่เสียงจะเงียบลงในช่วงที่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายลดลงเป็น 0.35 ที่ความเร็วการไถลด 1.432 เมตร/วินาที ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายมีค่าสูงในช่วงแรกแล้วลดลงมาที่ 0.25 ช่วงสั้นๆ แล้วสูงขึ้นอีกเป็น 0.4 จนถึงสิ้นสุดการไถลดแสดงในรูปที่ 4.23 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายสอดคล้องกับอุณหภูมิของเหล็กกล้าไร้สนิมที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วเกือบถึง 300°C ช่วงสั้นๆ แล้วลดลงเป็น 250°C และอุณหภูมิกลับขึ้นไปถึงเกือบ 300°C อีกเมื่อสิ้นสุดการไถลด น้ำหนักที่สูญเสียไปของเหล็กกล้าไร้สนิมมีค่า 24 มก. ที่ความเร็วการไถลด 1.79 เมตร/วินาที กับ 2.148 เมตร/วินาที ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายขึ้นสูงในช่วงแรกแล้วลดต่ำลงอย่างรวดเร็วในช่วงถัดมาเป็นเวลาสั้นๆ แล้วกลับขึ้นไปประมาณ 0.4 จนถึงสิ้นสุดการไถลด ซึ่งอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในเวลา 3 นาทีและลดลงเล็กน้อยแล้วกลับขึ้นไปสูงอีกจนถึงสิ้นสุดการไถลด



รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของเหล็กกล้าไร้สนิมกับเวลาที่ความเร็วด่างๆ



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับเวลาที่ความเร็วดังกล่าวและความดันน้ำที่สูญเสียไปของเหล็กกล้าไร้สนิม

แรงกด 220 นิวตันที่ความเร็วการไหล 1.790 เมตร/วินาทีและ 2.148 เมตร/วินาที คุณสมบัติของวงแหวนไม่ได้เป็นปัจจัยสำคัญของน้ำหนักที่สูญหายไป แม้ว่าคุณสมบัติค่าใกล้เคียงกัน น้ำหนักที่สูญหายไปแตกต่างกันได้ ความเร็วการไหลตั้งแต่ 1.432 เมตร/วินาทีขึ้นไปทำให้วงแหวน เหล็กกล้าไร้สนิมมีคุณสมบัติสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าสูงอยู่ อย่างไรก็ตามน้ำหนักเฉลี่ยที่สูญหายไปของเนื้อเหล็กกล้าไร้สนิมที่ความเร็ว 1.432 เมตร/วินาทีและ 1.790 เมตร/วินาทียังคงมีค่าใกล้เคียงกันในช่วง 22-24 มก. จึงเป็นไปได้ว่าผิววงแหวนมีออกไซด์ที่ไม่แตกต่างกันมากนักและอาจเป็นออกไซด์ที่มีธาตุโครเมียมมากกว่าเหล็ก จึงเพียงทำให้คุณสมบัติวงแหวนแตกต่างกันตามความเร็วการไหล แต่ไม่ทำให้การเกาะติดของเหล็กกล้าไร้สนิมแตกต่างกัน น้ำหนักที่สูญหายไปจึงใกล้เคียงกัน