

การวิเคราะห์ความเสียหายของสลักในชุดโซ่ลำเลียง: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำตาล

นรงค์วิชาผา¹⁾ และ สมศักดิ์ หอมดี^{*2)}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายของสลักข้อโซ่ในกระบวนการสกัดน้ำอ้อยชุดที่ 1 ในโรงงานผลิตน้ำตาล ในการศึกษาชิ้นสลักข้อโซ่ที่เสียหายและร่องลื่นถูกนำมาตรวจสอบสภาพความเสียหายที่ผิว มีการทดสอบความแข็งแรงและตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี ตลอดจนการศึกษากลไกการทำงานของชุดโซ่ลำเลียง เพื่อวิเคราะห์ประเภทของความเสียหาย สาเหตุของความเสียหาย และสาเหตุที่ทำให้สลักข้อโซ่เสียหายอย่างรุนแรง ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกวาดบนผิวของสลักข้อโซ่ที่เสียหาย แสดงให้เห็นร่องการขีดข่วนและเส้นสันเขา บ่งบอกว่าความเสียหายของสลักข้อโซ่เกิดจากการสึกหรอแบบขัดสี การศึกษากลไกการทำงานของชุดโซ่ลำเลียงแสดงให้เห็นว่าผิวสลักที่สึกหรอเกิดจากทอร์คแรงเสียดทานระหว่างผิวสลักข้อโซ่และร่องลื่น การยึดของข้อโซ่ทำให้ข้อโซ่ป็นพื้นเพื่อมีผลให้สลักได้รับทอร์คจากแรงเสียดทานสูงขึ้นและทำให้เกิดการสึกหรออย่างรุนแรงของสลักข้อโซ่

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความเสียหาย สลักข้อโซ่ ร่องลื่น การสึกหรอแบบขัดสี ทอร์คจากแรงเสียดทาน

¹⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

อีเมล: Narong3054@hotmail.com

^{*2)} อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

อีเมล: Somsak_h@kku.ac.th

*corresponding author

FAILURE ANALYSIS OF THE CONVEYOR CHAIN PINS: A CASE STUDY OF A SUGAR FACTORY

Narong Wichapa ¹⁾ and Somsak Homdee ^{*2)}

Abstract

The objective of this research is to analyze the failure of the chain connecting pins in the first cane extraction unit of a sugar factory. In this study, the surface damage of the failed conveyor chain pins and bushings were examined, the hardness and the chemical composition were tested, and the conveyor chain working mechanisms were studied. The analysis of failure type, the cause of failure, and the cause of severe damage of the connecting pins were then performed. The fracture photographs from scanning electron microscope reveals groove and ridge pattern on the surfaces of failed connecting pins. This result indicates that the failure of the chain connecting pins occurs by abrasive wear. The study of the conveyor chain working mechanisms indicates that the friction torque between pins and bushings is the cause of the worn surface of these pins. The severe damage of the connecting pins occurs by high friction torque on the pin surface due to the stretching and climbing on the sprocket of the chain.

Keywords: Failure Analysis, Chain Connecting Pins, Bushings, Abrasive Wear, Friction Torque

1) Post graduated Student, Department of Industrial Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002,
E-mail: Narong3054@hotmail.com

* 2) Lecturer, Department of Industrial Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002,
E-mail: Somsak_h@kku.ac.th

*corresponding author

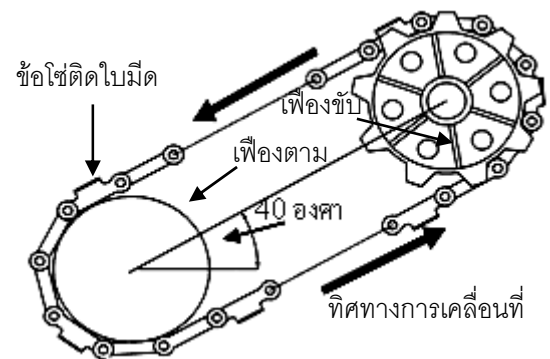
1. บทนำ

กระบวนการสกัดน้ำอ้อย เป็นกระบวนการผลิตแรก ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล การสกัดน้ำอ้อยเป็นการ บีบเอาน้ำอ้อย จากอ้อยดิบ อายุประมาณ 12 เดือน โดยใช้ชุดลูกหีบ ทำการบีบเอาน้ำอ้อยให้มากที่สุด สำหรับ บริษัทกรณีศึกษาใช้ชุดลูกหีบทั้งหมด 5 ชุดเรียงกัน ระหว่างชุดลูกหีบแต่ละชุด ใช้โซ่ลำเลียงในการเคลื่อนย้าย กากอ้อย ไปยังชุดลูกหีบถัดไป ผลผลิตจากกระบวนการ สกัดน้ำอ้อยจะได้น้ำอ้อยและกากอ้อย กากอ้อยจะถูกแยก ออกไปเพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำผลิต กระแสไฟฟ้าใช้ในโรงงาน ส่วนน้ำอ้อยที่ได้จะถูกส่งไปผลิต ในกระบวนการผลิตน้ำตาลต่อไป

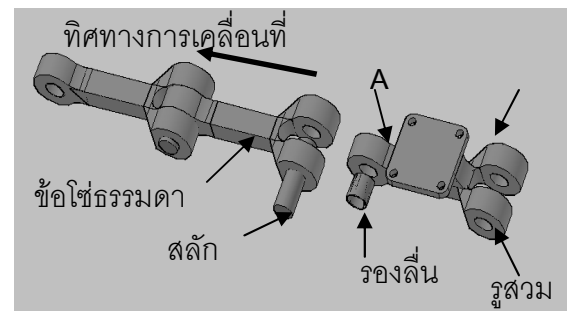
ส่วนประกอบหลักของโซ่ลำเลียงประกอบด้วย เฟือง และสายโซ่ แสดงในรูปที่ 1 ในสายโซ่ 1 เส้นประกอบด้วย ข้อโซ่ รองลิ้น และสลักข้อโซ่ แสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีทั้งหมด 75 ชุดต่อ 1 เส้น แยกเป็นข้อโซ่ติดใบมีด 25 ชุด และข้อโซ่ ธรรมดา 50 ชุด ประกอบกันในอัตราส่วน 1:2 สลับกันไป จากการตรวจสอบสลักข้อโซ่ที่เชื่อมต่อกับข้อโซ่ติดใบมีด ที่ตำแหน่ง A ในรูปที่ 2 พบว่าสลักข้อโซ่ที่ใช้งานมาแล้ว 1 ครั้ง หรือใช้งานมาประมาณ 120 วัน เกิดความเสียหาย คือสลักข้อโซ่มีการสูญเสียผิวไป ซึ่งเป็นบริเวณที่สัมผัสกับ รองลิ้น ดังรูปที่ 3 วัดขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางรอบผิวที่ เสียหาย (D') ดังแสดงในรูปที่ 4 ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร ทำการแบ่งผิวที่เสียหาย เป็น 3 ระดับ คือสูญเสียผิวมาก จำนวน 1 ชั้น ($D' = 39.00$ มิลลิเมตร) สูญเสียผิวปานกลางจำนวน 16 ชั้น ($41.0 < D' < 42.00$ มิลลิเมตร) และสูญเสียผิวน้อย จำนวน 8 ชั้น ($42.00 < D' < 44.00$ มิลลิเมตร)

ความเสียหายจากการสูญเสียผิวของสลักข้อโซ่ส่งผล ต่อประสิทธิภาพการส่งกำลังของเพลาชับ (Burgess and Lodge, 2004) และสลักข้อโซ่ที่สูญเสียผิวมากเกินไปที่จะ เกิดการแตกหักระหว่างการผลิต การแตกหักระหว่างการ ผลิตจะทำให้กระบวนการสกัดน้ำอ้อยหยุดชะงักในทันที รวมถึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำตาลทั้งหมด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายของ สลักข้อโซ่ประกอบด้วย การวิเคราะห์ประเภทของความ

เสียหาย วิเคราะห์สาเหตุของความเสียหาย และวิเคราะห์ สาเหตุที่ทำให้สลักข้อโซ่เสียหายอย่างรุนแรง



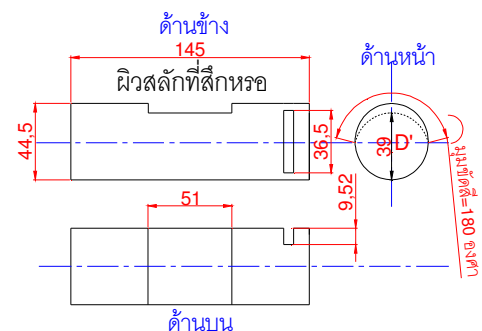
รูปที่ 1 แสดงลักษณะการประกอบของข้อโซ่ส่งกำลังในชุดโซ่ลำเลียง



รูปที่ 2 แสดงการสวมประกอบของรองลิ้นและสลัก



รูปที่ 3 แสดงลักษณะผิวที่สูญเสียของสลักข้อโซ่



รูปที่ 4 แสดงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางรอบผิวที่สูญเสีย (D')

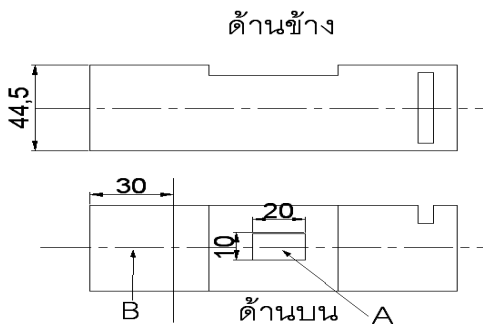
2. ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาประกอบด้วย การตรวจสอบ

สภาพผิวของสลักข้อโซ่ การทดสอบทางโลหะวิทยาของสลักข้อโซ่และรองลิ้น และการวิเคราะห์ความเสียหายของสลักข้อโซ่

2.1 การตรวจสอบผิวของสลักข้อโซ่

เลือกสลักข้อโซ่จาก 3 ระดับ ระดับละ 1 ชิ้น มาทำการตรวจสอบสภาพผิวที่เสียหายด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscope; SEM) ของบริษัท LEO รุ่น LEO1450 ตำแหน่งที่ตรวจสอบแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งที่นำมาตรวจสอบด้วยกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ขนาดของ A เท่ากับ 10x20x10 mm

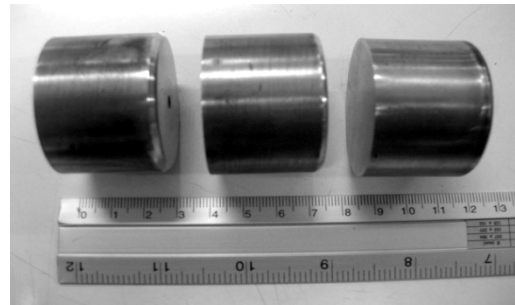
2.2 การทดสอบความแข็ง

เตรียมชิ้นงานสลักข้อโซ่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 44.5 mm. สูง 30 cm. ดังรูปที่ 5 ตำแหน่ง B ตัดด้วยเครื่องตัดไวร์คัท (Wire Cutting Machine) ทั้ง 3 ระดับ รองลิ้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 57 มิลลิเมตร รูใน 45 มิลลิเมตร ความยาว 51 มิลลิเมตร นำชิ้นงานคู่สัมผัสทั้ง 3 ระดับ มาทำการทดสอบความแข็งที่ผิวโดยเครื่องทดสอบความแข็งแบบร็อกเวลล์ (Rockwell Hardness Tester) ของบริษัท GALLILEO รุ่น ERGOTEST DIGI 25

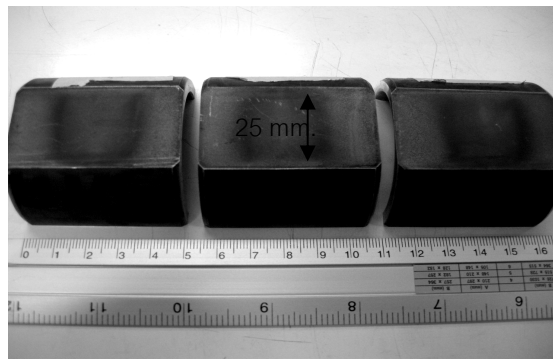
2.3 การทดสอบส่วนผสมทางเคมี

สลักข้อโซ่ที่เตรียมทดสอบส่วนผสมทางเคมีเป็นชิ้นงานเดียวกับชิ้นงานทดสอบความแข็ง แสดงในรูปที่ 6 สำหรับรองลิ้นจะตัดด้วยเครื่องตัดไวร์คัท ให้มีขนาดหน้า

ตัด 25 mm. ลักษณะดังรูปที่ 7 ทดสอบส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องมือมิชชันสเปกโตรมิเตอร์รุ่น ARL-3460



รูปที่ 6 แสดงชิ้นงานสลักข้อโซ่ที่เตรียมสำหรับทดสอบส่วนผสมทางเคมีและทดสอบความแข็ง



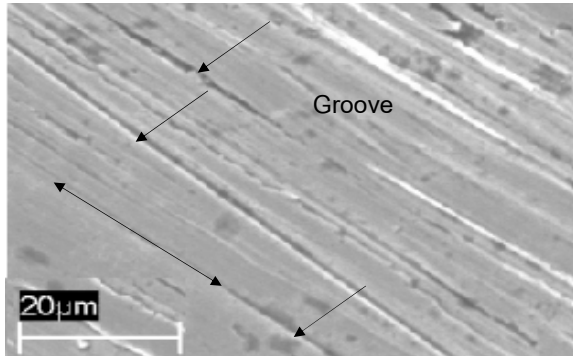
รูปที่ 7 แสดงชิ้นงานรองลิ้นที่เตรียมสำหรับทดสอบส่วนผสมทางเคมี

3. ผลการศึกษา

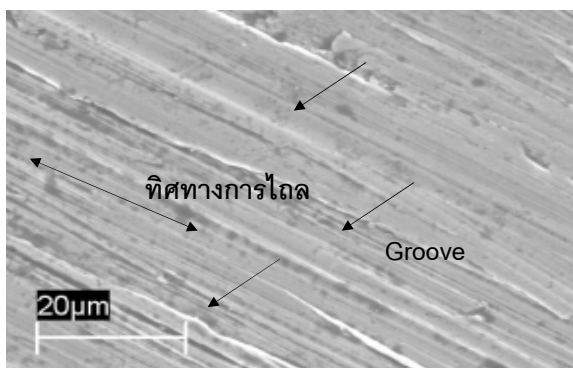
ผลการตรวจสอบสภาพผิวของสลักข้อโซ่ที่เสียหายจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกวาดพบร่องรอยการขีดข่วน (Groove) บนผิวของสลักข้อโซ่ทั้ง 3 ระดับ และเส้นที่ขึ้นขึ้นระหว่าง groove แต่ละเส้นเรียกว่าสันเขา (ridge) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นริ้วรอย (stripes) ที่ขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ 8-10

ผลการทดสอบความแข็งของสลักข้อโซ่และรองลิ้นพบค่าความแข็งเฉลี่ยบนผิววัสดุคู่สัมผัส (สลักและรองลิ้น) แต่ละคู่ ดังนี้ สลักข้อโซ่ที่สูญเสียผิวมาก สูญเสียผิวปานกลาง และสูญเสียผิวน้อยมีค่าความแข็งเฉลี่ย 40.5, 40.7, และ 40.1 HRC ตามลำดับ รองลิ้นที่ติดกับสลักที่สูญเสียผิวมาก สูญเสียผิวปานกลาง และสูญเสียผิวน้อยมีค่าความแข็งเฉลี่ย 45.3, 44.9 และ 45.9 HRC ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

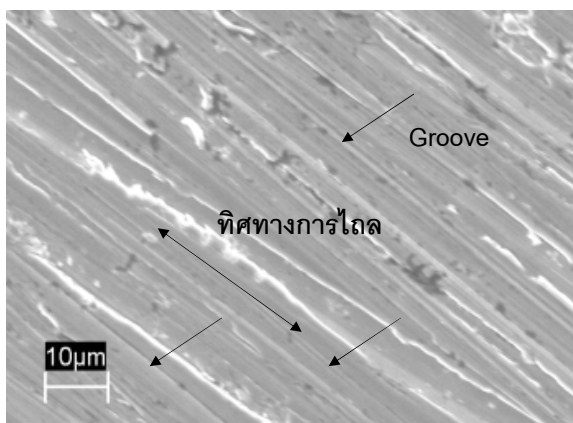
ผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของสลักข้อโซ่และร่องลื่นจากเครื่องมือขึ้นสเปกโตรมิเตอร์ แสดงเปอร์เซ็นต์ของธาตุต่างๆที่ผสมในสลักและร่องลื่นทั้ง 3 ระดับ ปริมาณธาตุที่ผสมในสลักและร่องลื่นที่สูญเสียผิวมาก สูญเสียผิวปานกลาง และสูญเสียผิวน้อยมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 8 แสดงร่องรอยการขีดบนผิวของสลักที่สูญเสียผิวน้อย จากกล้อง SEM กำลังขยาย 500x



รูปที่ 9 แสดงร่องรอยการขีดบนผิวของสลักที่สูญเสียผิวนปานกลาง จากกล้อง SEM กำลังขยาย 500x



รูปที่ 10 แสดงร่องรอยการขีดบนผิวของสลักที่ สูญเสียผิวมาก จากกล้อง SEM กำลังขยาย 500x

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบความแข็งของสลัก และร่องลื่นทั้ง 3 ระดับ (HRC)

ปริมาณผิวที่สูญเสีย	ชั้นทดสอบ	ความแข็งเฉลี่ย
มาก	สลักข้อโซ่	40.5
	ร่องลื่น	45.3
ปานกลาง	สลักข้อโซ่	40.7
	ร่องลื่น	44.9
น้อย	สลักข้อโซ่	40.1
	ร่องลื่น	45.9

ตารางที่ 2 แสดงผลทดสอบส่วนผสมทางเคมีของสลัก และร่องลื่นทั้ง 3 ระดับ (%)

ปริมาณที่สูญเสียผิว / ชั้นทดสอบ		ธาตุผสม				
		C	Cr	Ni	Mn	Si
มาก	สลัก	0.16	16.53	2.01	0.67	0.29
	ร่องลื่น	0.28	12.77	0.48	0.70	0.55
ปานกลาง	สลัก	0.17	16.27	2.07	0.64	0.29
	ร่องลื่น	0.28	12.72	0.47	0.70	0.55
น้อย	สลัก	0.16	16.21	2.05	0.66	0.29
	ร่องลื่น	0.28	12.79	0.48	0.70	0.55

4. การวิเคราะห์ความเสียหาย

การวิเคราะห์ความเสียหายของสลักข้อโซ่ เริ่มจากการวิเคราะห์ประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสลักทั้ง 3 ระดับ การวิเคราะห์สาเหตุของความเสียหายของสลัก และการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้สลักข้อโซ่เสียหายรุนแรง ตามลำดับ

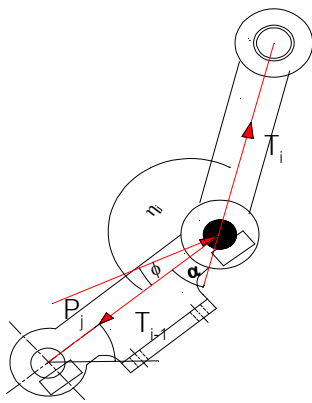
4.1 การวิเคราะห์ประเภทความเสียหาย

จากผลการศึกษา โดยทำการตรวจสอบผิวที่เสียหายของสลักข้อโซ่ ดังรูปที่ 8-10 แสดงให้เห็นร่องรอยการขีดขีดที่เกิดขึ้นบนผิวของสลักข้อโซ่ทุกระดับ โดยมีทิศทางไป

ในแนวเดียวกับทิศทางการไถระหว่างสลักข้อโซ่และร่องลื่น ร่องการขูดขีดนี้เกิดจากการเคลื่อนที่ขัดสีกันระหว่างผิวของสลักข้อโซ่กับร่องลื่น ทำให้ผิวสลักข้อโซ่ซึ่งมีผิวอ่อนกว่าผิวของร่องลื่นถูกขัดสีจากยอดแหลมของผิวร่องลื่น สูญเสียเนื้อวัสดุไปตามทิศทางการไถของร่องลื่น ทำให้เห็นเป็นร่องการขูดขีด เส้นสั้นๆ และเป็นริ้วรอยตามทิศทางการไถ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการสึกหรอแบบขัดสี (Abrasive Wear) สอดคล้องกับผลการวิจัยของเบญจวรรณและชาวสวน (เบญจวรรณ แสงวิเชียร และชาวสวน กาญจน์มัย, 2552) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Zhou และคณะ (Zhou et al., 2005)

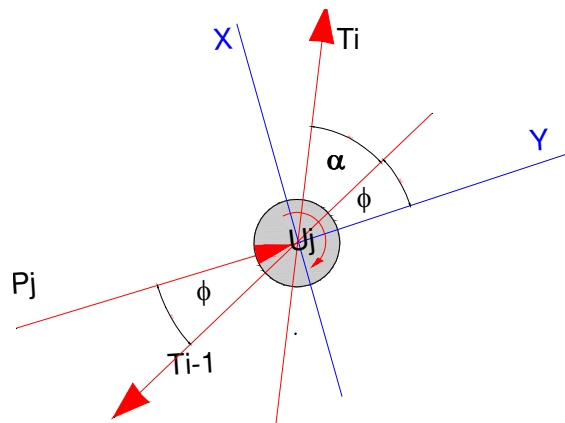
4.2 การวิเคราะห์สาเหตุความเสียหาย

การวิเคราะห์สาเหตุความเสียหายของสลักข้อโซ่ โดยการวิเคราะห์กลไกการทำงานของขุดโซ่ลำเลียง พิจารณาแรงกระทำกับข้อต่อโซ่ในรูปที่ 11 กำหนดให้ P_j เป็นแรงที่ฟันเฟืองกระทำต่อสลักข้อโซ่ ส่วน T_i เป็นแรงดึงจากข้อโซ่ที่ i (ตัวหน้าข้อต่อ) T_{i-1} เป็นแรงดึงจากข้อโซ่ที่ $i-1$ (ตัวหลังข้อต่อ) ϕ คือมุมระหว่าง P_j กับ T_{i-1} α เป็นมุมระหว่าง T_i กับ T_{i-1} และมุม η_j เป็นมุมงอหรือมุมภายในข้อต่อโซ่ขณะอยู่บนล้อฟันเฟือง



รูปที่ 11 แสดงแรงที่กระทำต่อสลักข้อโซ่

พิจารณาแผนภาพวัตถุอิสระ (Free Body Diagram) ของสลักข้อโซ่ ในรูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันจากฟันเฟือง (P_j) มุมระหว่างข้อโซ่ (α) มุมความดัน (ϕ) และทอร์คจากแรงเสียดทาน U_j ซึ่งเป็นทอร์คหรือแรงเสียดทานจากการหมุนขัดสีกันระหว่างผิวของสลักข้อโซ่และผิวของร่องลื่น



รูปที่ 12 แสดงแผนภาพวัตถุอิสระของผิวสลักข้อโซ่ที่ตำแหน่งขัดสีกับร่องลื่น

ขนาดของทอร์คจากแรงเสียดทานหาได้จากความสัมพันธ์ ตามสมการที่ 1 (Kim and Johnson, 1992) ดังนี้

$$U_j = \text{sign}(\eta_j) \frac{\mu_{PB}}{\sqrt{1 + \mu_{PB}^2}} R_p |P_j| \quad (1)$$

$$P_j = T_{j-1} \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\phi + \alpha)} \quad (2)$$

เมื่อ $\text{sign}(\eta_j) = 1$ เมื่อมุม $\eta_j \neq 180$ องศา

$\text{sign}(\eta_j) = 0$ เมื่อมุม $\eta_j = 180$ องศา

α คือ มุมระหว่างข้อโซ่

ϕ คือ Pressure Angle

η_j คือมุมภายในข้อโซ่ และ η_j ต้องเป็นมุมแหลมเท่านั้น

R_p รัศมีของสลัก

μ_{PB} สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสลักและผิวร่องลื่น

P_j คือแรงที่ฟันเฟืองกระทำต่อข้อโซ่

j คือ ตำแหน่งของฟันเฟืองหรือตำแหน่งข้อต่อโซ่

ดังนั้นสาเหตุของการสึกหรอแบบขัดสีของสลักข้อโซ่เกิดจากการขัดสีกันระหว่างผิวของสลักข้อโซ่และผิวของร่องลื่นด้วยทอร์คจากแรงเสียดทาน U_j ขณะที่ข้อต่อหมุนบนฟันเฟือง ทอร์ค U_j เกิดจากแรงดันของฟันเฟือง P_j ดันให้ผิวสลักเคลื่อนไปสัมผัสกับผิวร่องลื่น เมื่อข้อต่อโซ่งอ (มุม η_j ไม่เท่ากับ 180 องศา) ผิวสลักข้อโซ่และผิวของร่อง

เส้นจึงขัดสีกัน โดยที่ขนาดของ U_j หาได้จากสมการที่ 1 ขนาดของ U_j ขึ้นกับสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างผิวสลักและร่องลื่น รัศมีของสลักข้อไข และขนาดของแรงดันจากพื้นเฟือง เมื่อผิวของร่องลื่นไกลไปบนผิวของสลักข้อไข ผิวของร่องลื่นมีความแข็งแรงมากกว่าผิวของสลักข้อไข ผิวของร่องลื่นจึงต้านทานการขูดขีดได้มากกว่าผิวของสลักข้อไข ส่งผลให้ผิวของสลักข้อไขสูญเสียผิวไประหว่างการขัดสี ลักษณะของรอยสึกหรอแสดงในรูปที่ 4 ขนาดรอยสึกหรอเท่ากับ 51 มิลลิเมตร และมุมขัดสีเท่ากับ 180 องศา

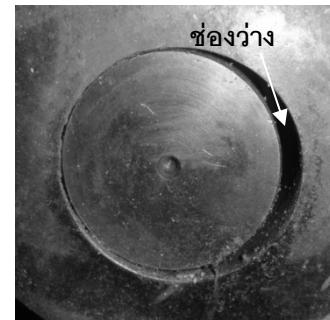
4.3 การวิเคราะห์สาเหตุที่สลักข้อไขเสียหายรุนแรง

จากผลการตรวจสอบความแข็งแรงเฉลี่ยของสลักข้อไขและร่องลื่นทั้งหมดดังตารางที่ 1 พบว่าความแข็งแรงเฉลี่ยของวัสดุทุกคู่สัมผัสมีค่าความแข็งแรงใกล้เคียงกันทุกระดับ โดยผลการทดสอบส่วนผสมทางเคมีของสลักข้อไขและร่องลื่นแสดงในตารางที่ 2 สลักข้อไขทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS431 เหมือนกัน ร่องลื่นทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่มเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS420J2 เมื่อพิจารณาสมบัติวัสดุด้านความแข็งแรงและส่วนผสมทางเคมีซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับการต้านทานการสึกหรอของวัสดุ แสดงให้เห็นว่าสมบัติวัสดุของสลักข้อไขที่สูญเสียผิวน้อย สูญเสียผิวน้อยปานกลาง และสูญเสียผิวมาก ทุกชิ้นไม่แตกต่างกัน และเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างร่องลื่นแต่ละระดับ แสดงให้เห็นว่าสมบัติวัสดุของร่องลื่นแต่ละระดับก็ไม่ต่างกันด้วย ดังนั้นสมบัติวัสดุจึงไม่เป็นสาเหตุที่ทำให้สลักข้อไขแต่ละตำแหน่งสึกหรอรุนแรงต่างกันหรือสึกหรอที่ผิดปกติ

งานวิจัยนี้ได้กำหนดตำแหน่งที่ศึกษา เป็นสลักข้อไขที่สวมกับข้อไขติดใบมีด ขนาด รูปร่าง อายุของสลักข้อไข และร่องลื่นเท่ากัน และเป็นชุดไขเดียวกัน ผลการวิเคราะห์ประเภทของความเสียหายเป็นความเสียหายจากการสึกหรอแบบขัดสีเหมือนกัน โดยเมื่อทำการตรวจสอบการสวมประกอบพบช่องว่างบริเวณรูสวม ดังรูปที่ 13 ซึ่งช่องว่างนี้ส่งผลให้ข้อไขยืดออก

เมื่อพิจารณาสมการที่ 1 แสดงว่าขนาดของทอร์คจะเปลี่ยนแปลงตามแรงดันจากพื้นเฟือง สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิววัสดุคู่สัมผัส และขนาดของสลักข้อไข

แต่เนื่องจากขนาดของสลักข้อไขทั้ง 3 ชิ้นเท่ากัน วัสดุคู่สัมผัสเป็นชนิดเดียวกัน ดังนั้นขนาดของทอร์คในกรณีนี้จึงขึ้นกับขนาดของแรงดันจากพื้นเฟืองที่กระทำกับข้อต่อไขอย่างเดียว โดยขนาดของแรงดันจากพื้นเฟืองสัมพันธ์กับสมการที่ 2



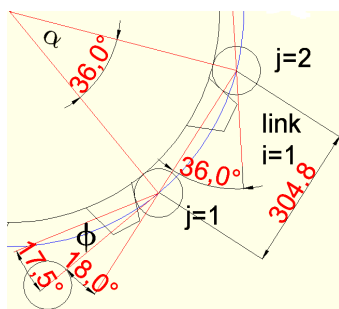
รูปที่ 13 แสดงลักษณะช่องว่างบริเวณรูสวม

การหาขนาดของมุมที่แสดงในภาพที่ 14 และในภาพที่ 15 เป็นการหาขนาดของมุมตามความสัมพันธ์ของขนาดและรูปร่างของพื้นเฟืองกับระยะพิชของข้อไข เช่นขนาดของมุมระหว่างข้อต่อ (α) ในรูปที่ 14 $\alpha = 360 / \text{จำนวนพื้นเฟือง} = 360 / 10 = 36$ องศา ขนาดของมุมที่ตำแหน่งเริ่มเข้าเท่ากับ $\alpha / 2 = 18$ องศา และมุม ϕ เป็นมุมความดันหาได้จากมุมระหว่างเส้นที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางกับเส้นที่ตั้งฉากกับผิวพื้นเฟืองไปยังจุดศูนย์กลางของข้อต่อซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของพื้นเฟืองมีค่าคงที่ 17.5 องศา ระยะพิชของข้อไขที่เปลี่ยนไปหรือใช้ผิดจะส่งผลให้ขนาดของมุมความสัมพันธ์เปลี่ยนไปทำให้ข้อไขเกิดการเคลื่อนที่ผิดปกติ ซึ่งจะอธิบายดังนี้

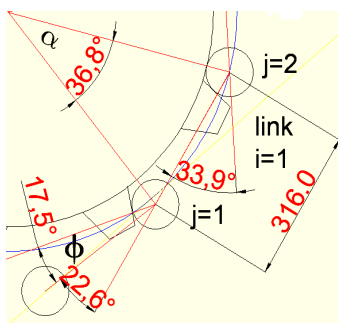
พิจารณาในรูปที่ 14 แสดงลักษณะของข้อไขที่ไม่เกิดการป็นพื้นเฟือง มุมระหว่างข้อไขที่ตำแหน่ง $j=1$ เท่ากับ 18 องศา และที่ตำแหน่ง $j=2$ ค่ามุมระหว่างข้อไข เท่ากับ 36 องศา ระยะพิชของข้อไขเท่ากับ 304.8 มิลลิเมตร ลักษณะเช่นนี้ข้อไขไม่เกิดการป็นพื้นเฟืองซึ่งทำให้ข้อต่อไขได้รับแรงกระทำที่เหมือนกันตลอดวงจรการทำงาน รูปที่ 15 แสดงผลของการที่ข้อไขยืดออกจากเดิม 304.8 mm. เป็น 316.0 mm. ทำให้ระยะพิชระหว่างล้อพื้นเฟือง กับระยะพิชของข้อไขไม่สัมพันธ์กัน ทำให้ข้อไขเกิดการป็นพื้นเฟืองขึ้น มีผลทำให้มุมระหว่างข้อไขที่ตำแหน่ง $j=1$

เปลี่ยนไปจากปกติ 18 องศา เป็น 22.6 องศา และที่ตำแหน่ง $j=2$ มุมระหว่างข้อโซ่เปลี่ยนไปจากปกติ 36 องศา เป็น 33.9 องศา มุมที่เปลี่ยนไปนี้มีผลต่อแรงกระทำกับข้อต่อโซ่ กล่าวคือข้อต่อโซ่ที่เกิดการป็นฟันเฟืองเกิดแรงดันจากฟันเฟืองกระทำที่ข้อต่อสูงขึ้น ส่งผลทำให้ทอร์คเพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นสาเหตุที่สลักข้อโซ่สึกหรอรุนแรงเกิดจากข้อโซ่ยึด เมื่อเคลื่อนที่ไปบนล้อฟันเฟืองจึงเกิดการป็นฟันเฟืองข้อโซ่ที่ป็นฟันเฟืองจะได้รับแรงดันจากฟันเฟืองสูงขึ้น ส่งผลให้ขนาดทอร์คที่กระทำต่อผิวของสลักข้อโซ่สูงขึ้นด้วย และเกิดการเคลื่อนที่ผิดปกติซึ่งเป็นผลเสียต่อผิวของสลักข้อโซ่และส่งผลต่อฟันเฟืองให้สึกหรออย่างรวดเร็ว



รูปที่ 14 แสดงข้อโซ่ปกติที่ไม่ป็นฟันเฟือง



รูปที่ 15 แสดงข้อโซ่ยึดเกิดการป็นฟันเฟือง

5. สรุปผล

จากการศึกษาและวิเคราะห์ความเสียหายของสลักข้อโซ่สามารถสรุปผลของงานวิจัยได้ดังนี้

- 1) ความเสียหายที่เกิดขึ้นบนผิวของสลักข้อโซ่ทั้งหมด เป็นความเสียหายจากการสึกหรอแบบขัดสี
- 2) สาเหตุการสึกหรอ เกิดจากการหมุนขัดสีกันระหว่างผิวของสลักข้อโซ่และผิวของรองลื่นจากทอร์ค U_j ขณะที่ข้อต่อโซ่หมุนบนล้อฟันเฟือง เมื่อผิวสลักข้อโซ่ขัดสี

กับผิวของรองลื่น ผิวรองลื่นซึ่งความแข็งมากกว่าผิวของสลักข้อโซ่ จะขูดขีดผิวของสลักข้อโซ่ให้สูญเสียผิวไป

3) สาเหตุที่สลักข้อโซ่สึกหรออย่างรุนแรง เกิดจากข้อโซ่ยึด เมื่อข้อต่อโซ่เคลื่อนที่ไปบนล้อฟันเฟืองจึงเกิดการป็นฟันเฟือง ส่งผลให้ ขนาดแรงดันจากฟันเฟืองและทอร์คที่ข้อต่อสูงขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้การสึกหรอบนผิวสลักข้อโซ่และบนผิวของฟันเฟืองรุนแรงขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นสาเหตุที่ผิวสลักข้อโซ่สึกหรอรุนแรง ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงที่สลักข้อโซ่จะเกิดการสึกหรออย่างรุนแรง ซึ่งอาจนำไปสู่การแตกหักในช่วงการผลิตได้ จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

- 1) ในการประกอบชุดโซ่ ควรเลือกใช้ข้อโซ่ที่ผ่านการซ่อมแซมรวมที่สึกหรอเสมอ เพื่อป้องกันข้อโซ่ยึด
- 2) ตรวจสอบระยะพิชของข้อโซ่และระยะพิชของฟันเฟืองให้สัมพันธ์กันขณะการประกอบ

8. เอกสารอ้างอิง

- Benjawan Saengwichian, Choawsuan Kanchanomai (2009). Effect of Sliding Speed on Wear Mechanism of Metal Injection Moulding 316L Stainless Steel , Kasetsart Engineering journal, Kasetsart university, Vol 22, No. 67, 81-92 (In Thai).
- Burgess, S., Lodge, C. (2004). Optimisation of the chain drive system on sports motorcycles. Sport Engineering. Vol. 7, Number. 2, 65–73.
- Kim, M.S., Johnson, G.E. Mechanics of Roller Chain Sprocket Contact. University of Michigan Library (Cited 1992). Available from: <http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/2027.42/6005/5/bac0134.001.001.pdf> (accessed on November 20, 2009).
- Zhou, G., Li, X., Shi, Y., Chang, B. (2006). Wear mechanism of clutch separating ring in a heavy load vehicle. Engineering Failure Analysis. Vol. 13, Issue 4, 606–614.