

การวิเคราะห์การแตกหักของคอลลูกรีดในกระบวนการผลิตเหล็กเส้น

Breakage Analysis of the Journal Rolls in Hot Rolling Steel Re-Bars Process

ชานนท์ มุลวรรณ¹ และ สำเริง เนตรภู²

1 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

1761 ถนนพัฒนาการ สวนหลวง กทม 10250

e-mail :charnont@kbu.ac.th

2 นักศึกษาปริญญาเอก สาขาการออกแบบและผลิตแบบบูรณาการ คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

e-mail:sam@shkengineering.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวិเคราะห์การแตกหักของคอลลูกรีดเป็นกรณีศึกษาจากโรงงานผลิตเหล็กเส้นแห่งหนึ่งในประเทศไทย เราได้วิเคราะห์หาสาเหตุการแตกหักของคอลลูกรีดเพื่อหาแนวทางป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีกในอนาคต การวิเคราะห์ได้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานจากโรงงานผลิตเหล็กเส้นและผู้ผลิตคอลลูกรีด ตรวจสอบความแข็ง ตรวจสอบลักษณะรอยร้าวใช้สารแทรกซึม เลือกตัวอย่างบริเวณที่เสียหายตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค และวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นโดยใช้ ANSYS Software ผลจากการวิเคราะห์การแตกของคอลลูกรีดเกิดจากการปรับร่องรีดที่ผิดวิธี ทำให้เกิดแรงร้อนที่ลูกปืนเกิดความร้อนส่งผลให้ Inner Ring ขยายตัวเสียดสีกับคอลลูกรีดและเกิดความร้อนที่คอลลูกรีดด้วยส่งผลให้ซีล (Oil seal) เสียหาย น้ำหล่อเย็นไหลเข้าสู่ Bearing Chock และดึงความร้อนออกจากคอลลูกรีดอย่างรวดเร็ว โครงสร้างจุลภาคของคอลลูกรีดเปลี่ยนจากเพิร์ลไลต์เป็นมาร์เทนไซต์ ทำให้สมบัติความเหนียวลดลงและแตกหักในที่สุด

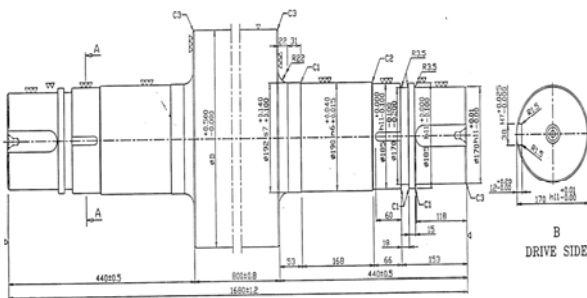
Abstract

The study is analysis of journal rolls breakage with a case study of hot rolling steel rebars production in Thailand. We analyze the cause of the journal rolls breakage to find the way to prevent the happening in the future. The analysis collected basic data from the steel rebars production factory, the rolls manufacturer, tasted their hardness, examined the characteristics of the breakage using dye-penetration, tested microstructure of the broken area and analyzed the stress occurred using ANSYS software. The results of the analysis of the journal rolls breakage found the breakage is caused by the wrong method of adjustment of grooving rolls, which created heat between inner ring and the journal rolls and damaged the oil seal. Cold water flowed into the bearing chock and drew out heat from the journal rolls very rapidly. The microstructure of the journal rolls changed from pearlite to martensite and reduced the toughness quality and broke finally.

Keywords: journal rolls, failure analysis, hot rolling steel re-bars process

1. คำนำ

ลูกรีดเป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญในกระบวนการผลิตเหล็กเส้น การแตกหักของลูกรีดในแต่ละครั้งไม่เฉพาะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำลูกรีดชิ้นใหม่แต่ยังได้ส่งผลกระทบต่อตรงต่อกระบวนการผลิต โดยต้องสูญเสียเวลาทำให้ผลิตผล(Productivity) ลดลงและที่สำคัญที่สุดโรงงานไม่สามารถส่งสินค้าตรงตามแผนงานที่กำหนดไว้ ในกรณีนี้ต้องสูญเสียเวลา 40 ชั่วโมงหรือสูญเสียโอกาสในการผลิตเหล็กเส้นจำนวน 1,400 ตัน จากวารสารปริทัศน์การเกิดการเสียหายของลูกรีดก่อนกำหนดผลมาจากการทำงานของพนักงานปฏิบัติงานและอิทธิพลทางโลหะวิทยา [1] การเสียหายของลูกรีดส่วนมากมีสาเหตุเนื่องจาก over load โดย dynamic impact และ fire crack [2] การศึกษาวิเคราะห์การแตกหักของคอลลูกรีดได้ศึกษาจากข้อมูลของโรงงานผลิตเหล็กเส้นแห่งหนึ่งในประเทศไทยซึ่งกระบวนการผลิตใช้วัตถุดิบเป็น Billet 120 x 120 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร ลำดับการลดขนาดจำนวน 14 พาส (Pass) รีดเหล็กเส้นกลมและเหล็กข้ออ้อยเส้นผ่านศูนย์กลาง 9-25 มิลลิเมตร ลูกรีดที่แตกหักติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งพาส(Pass)ที่ 9 ซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 94 รอบต่อนาที ทำการรีดชิ้นงานสี่เหลี่ยม(Square) ขนาด 31x 31 มิลลิเมตร ให้เป็น Oval ขนาด 38 x 10 มิลลิเมตร ขนาดของลูกรีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 x 800 มิลลิเมตร ดังรายละเอียดในรูปที่ 1 และลูกรีดใช้งานได้ประมาณ 1 เดือนก่อนเกิดการเสียหาย



รูปที่ 1 รายละเอียดขนาดของลูกรีด

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 1) รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น (Review documentation and speak with appropriate individuals)
- 2) ตรวจสอบเบื้องต้นสำหรับชิ้นส่วนที่เสียหาย
- 3) เลือกตัวอย่างส่วนที่เสียหายสำหรับตรวจสอบ
- 4) ทดสอบความแข็ง
- 5) ตรวจสอบแบบ Dry-Penetration
- 6) วิเคราะห์ความเค้น(Stress analysis)
- 7) วิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี
- 8) วิเคราะห์หาหลักฐานและความชัดเจน
- 9) สรุปผล
- 10) เสนอแนะเพื่อป้องกันการเกิดซ้ำอีก

2.1 Visual investigation

การตรวจสอบเบื้องต้นบริเวณสถานที่เกิดเหตุ พบว่าลูกรีดหักที่บริเวณคอลลูกรีด (Journal) ซึ่งเป็นจุดติดตั้งลูกปืน (Roller Bearing) เบอร์ 23038 cc/w33 และดูลักษณะรอยแตกหักพบว่ามียรอยดำๆ รอบๆ คอลลูกรีดที่หักมีรอย Crack



มียรอยดำๆ รอบๆ



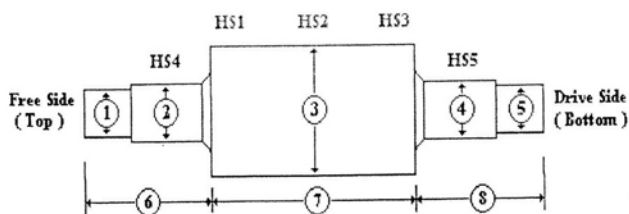
รูปที่ 2 ลักษณะการหักของคอลลูกรีด

2.2 การตรวจสอบความแข็ง

การตรวจสอบความแข็ง(Hardness) ของลูกรีดที่หน้างาน (Site) พบว่ามีความแข็งบริเวณรอยหักที่คอลลูกรีด(Journal) 61 HSC และบริเวณคอลลูกรีด (Journal) อีกด้านมีความแข็ง 48 HSC เพิ่มขึ้นจากใบ Certificate ที่ผู้ผลิตลูกรีดออก ซึ่งค่าความแข็งบริเวณตำแหน่งลูกรีดหักก่อนใช้งานมีความแข็ง 47 HSC แสดงให้เห็นว่ามีความผิดปกติบริเวณที่คอลลูกรีดหัก ส่วนตำแหน่งที่วัดความแข็งดังแสดงในรูปที่ 3 และรายละเอียดของข้อมูลจากใบ Certificate ดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 ตำแหน่งที่วัดความแข็ง



ตารางที่ 1 ข้อมูลจากใบ Certificate [1]

Chemical Composition (%Wt)						Hardness (HSC)				
C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	HS 1	HS 2	HS 3	HS 4	HS 5
3.31	1.12	0.59	2.29	0.71	0.33	49	49	48	47	48

Dimension (mm)

1	2	3	4	5	6	7	8
170	190	380	190	170	440	800	440

2.3 Dry –penetration test

จากการตรวจสอบด้วย Dye-Penetration (PT) เพื่อหารอยร้าว (Crack) พบว่าบริเวณรอบรอยหักมีรอยร้าว (Crack) ชัดเจน ดังแสดงรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงรอยร้าว (Crack) บริเวณรอยแตกหัก

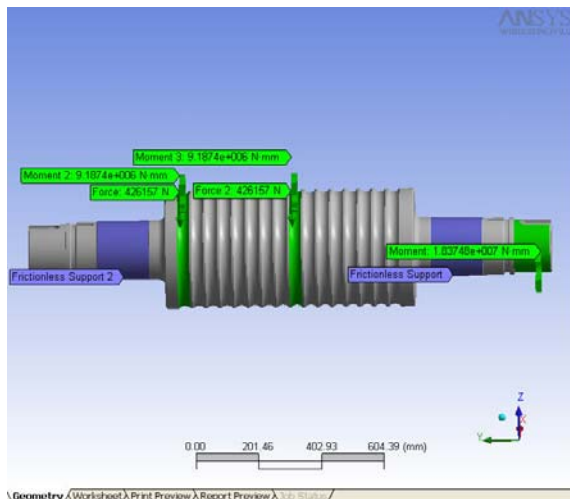
2.4 Stress analysis

จากข้อมูลเบื้องต้น ชิ้นงานก่อนรีดมีสี่เหลี่ยม(Square) ขนาด 31 x 31 มิลลิเมตร รีดให้เป็น Oval ขนาด 38 x 10 มิลลิเมตร อุณหภูมิขณะรีด 1000 °C ความเร็ว 94 รอบต่อนาที และเมื่อนำข้อมูลที่ทราบใส่เข้าไปใน Software [3]ซึ่งเป็นโปรแกรมการคำนวณหาแรงที่กระทำและแรงบิด ผลสรุปของการคำนวณค่าต่างๆดังแสดงในตารางที่ 2

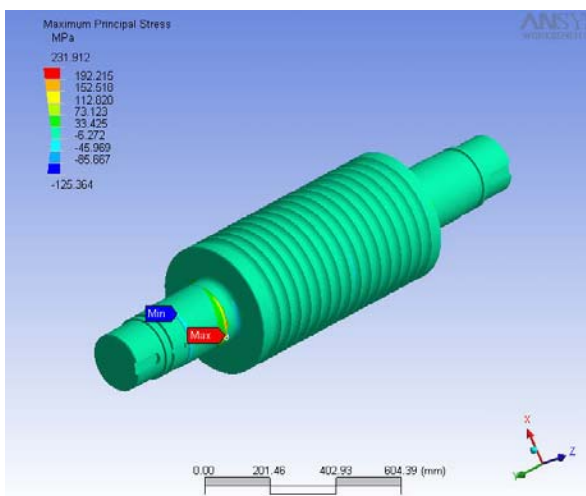
ตารางที่ 2 แสดงผลของการคำนวณค่าต่าง ๆ [3]

Entry	31x31	Rolling temp.(°C)	1000
Rolling force (kN)	426.157	Torque (kNm)	9.1874
Projective contact area (mm ²)	1821.58	Power (kW)	142.71
Average pressure (N/mm ²)	233.95	Mean flow stress (N/mm ²)	160.21
Cross-section area entered (mm ²)	953.27	Cross-section area roll (mm ²)	446.60

เมื่อได้ผลการคำนวณจาก Software แล้วนำผลของแรงที่กระทำต่อลูกรีด และเงื่อนไขต่าง ๆ ให้เหมือนสภาพใช้งานขณะรีดตั้งรูปที่ 5 ใน ANSYS software และผลสรุปแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ลักษณะของแรงที่กระทำบนลูกรีด



รูปที่ 6 ผลการคำนวณและแสดงจุดที่เกิด Stress สูงสุด

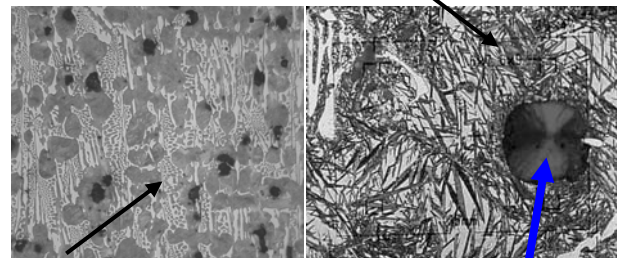
ซึ่งผลจาก ANSYS software พบว่ามี stress สูงสุด 230 MPa บริเวณคอลูกรีด(Journal) จะเห็นได้ว่าเป็นค่าที่ต่ำกว่า เกือบ 2 เท่า เมื่อเทียบกับความแข็งแรงของลูกรีดซึ่งมีค่า 400 MPa [1]แสดงว่าการแตกหักที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นผลจากการออกแบบลูกรีด

2.5 Microstructure examination

จากการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) พบว่าโครงสร้างเปลี่ยนจาก โครงสร้างหลักเฟิร์ลไลต์(Pearlite matrix) เป็น มาร์เตนไซต์(Martensite) ดังรูปที่ 8 ซึ่งแสดงว่าบริเวณที่เกิดการหักของลูกรีดได้รับความร้อนเกินเส้นอุณหภูมิวิกฤติล่าง โดยโครงสร้างเปลี่ยนเฟสจากเฟิร์ลไลต์เป็นออสเทนไนต์(Austenite) และถูกดึงความร้อนออกอย่างรวดเร็วโดยน้ำระบายความร้อนของลูกรีดทำให้เกิดเฟสมาร์เตนไซต์ขึ้น[4] มาร์เตนไซต์เป็นเฟสที่มีสมบัติแข็งและเปราะ เมื่อรับภาระเกิดความเค้นทำให้ลูกรีดแตกหักในที่สุด

Standard of journal

Martensite Phase



Pearlite Matrix

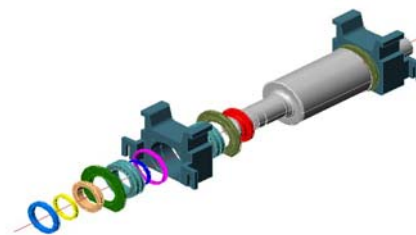
100X

Nodular graphite

400X

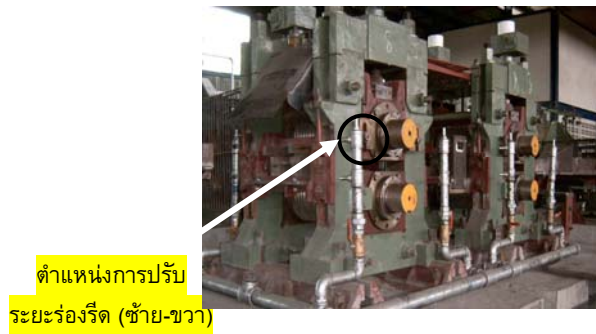
รูปที่ 8 การเปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคก่อนและหลังการแตกหัก

2.6 การวิเคราะห์สาเหตุการเกิดความร้อน



รูปที่ 9 ภาพประกอบโครงสร้างชิ้นส่วนของชุด Bearing Chock

การวิเคราะห์รูปโครงสร้างชิ้นส่วน Bearing chock พบว่า ลูกปืน(roller bearing)จะเกิดความร้อนได้เมื่อรับแรงรุนที่กระทำเป็น ปริมาณที่มาก มีผลทำให้เกิดความร้อน แต่ลักษณะของภาระ(Load) ที่กระทำกับลูกรีดเป็นแรงกระทำในแนวรัศมี (Radial Load) เท่านั้น จากการตรวจโครงสร้างของแท่นรีดดังแสดงในรูปที่ 10และรูปที่ 11 พบว่าแรงรุนเกิดจากการขันน็อตเพื่อปรับระยะรองรับรีดให้ตรงกันโดย ไม่ได้คลายน็อตด้านตรงข้าม โดยส่งผลให้ลูกปืนรับแรงรุนและเกิดความร้อน



รูปที่ 10 โครงสร้างของแท่นรีดและตัวปรับระยะร่องรีด

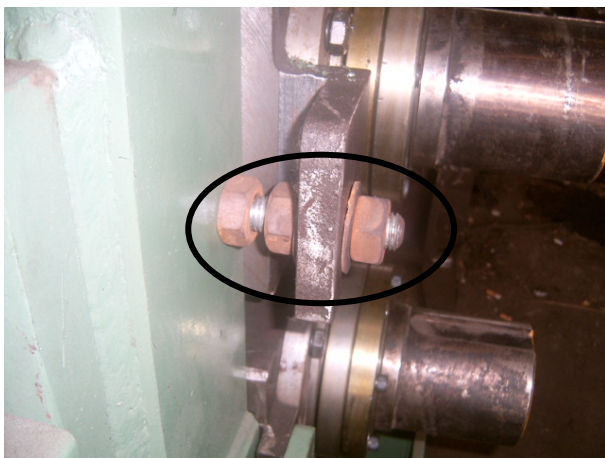
3. Conclusion

การแตกหักของลูกรีดเกิดจากการปรับหรือ Set up ร่องรีดของช่างปรับที่ผิดวิธีโดยขันน็อตตึงแน่นมากและไม่ได้คลายน็อตด้านตรงข้ามส่งผลให้ลูกปืน (Roller Bearing) รับแรงรุน (Axial Load) และเกิดความร้อนทำให้ Inner ring ของลูกปืนเกิดการขยายตัว Inner ring หมุนเสียดสีกับคอลูกรีด (Journal) จนเกิดความร้อนเกินเส้นอุณหภูมิวิกฤตล่างหรือ 723°C [4] โครงสร้างของเหล็กเปลี่ยนเป็นออสเทนไนต์และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ ซึ่งมีความแข็งสูงแต่มีความเหนียวต่ำทำให้เกิดการแตกหักในที่สุด

4. Discussion and recommendations

จากโครงสร้างของแท่นรีดที่ออกแบบนั้นถ้าช่างปรับ (Adjustor) ต้องการปรับหรือ Set up ร่องรีดให้ร่องตรงกันต้องขันน็อต เพื่อให้ Bearing Chock เคลื่อนตัวไปด้านข้าง แต่บางครั้งอาจลืมคลายน็อตที่อยู่อีกด้านหนึ่ง ความเห็นของผู้วิจัย

- 1) ออกแบบระบบ Lock สกรูและน็อตให้มีตัว Lock ด้านใน ซึ่งถ้าต้องปรับหรือ Set up จะต้องคลายน็อตตัวในก่อนเสมอ



รูปที่ 11 ลักษณะการยึดน็อต 2 ตัวด้านใน

- 2) ควรมีการอบรมและสาธิตวิธีการปรับแท่นสำหรับพนักงานที่รับผิดชอบโดยตรงเพราะผู้ออกแบบแต่ละท่านจะออกแบบไม่เหมือนกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก SHK Engineering co.,Ltd. และผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณอดิชาติ ไชยศิริ ผู้จัดการ บริษัท ไทยเทคสตีล (2003) จำกัด ได้ให้คำแนะนำวิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุการเสียหายของลูกรีด

References

1. ข้อมูลเอกสารจาก บริษัท ไทยเทคสตีล (2003) จำกัด
2. Z.Domazet, F.Lusa, M.Susnar: Failure analysis of rolls with grooves.14 (2007) 1166-1174
3. www.metaltap.com
4. Smith, F.W., 1996.Principles of Materials Science and Engineering.McGrawHill, Singapore.pp.496-507.