

บทความวิจัย (Research Article)

การวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลาลมุนเหวี่ยงในระบบส่งกำลังของรถขุดไฟฟ้า
ศิวะ สิทธิพงษ์¹* ประภาศ เมืองจันทร์บุรี¹ เจริญยุทธ เดชวายุกุล² ณรงค์ฤทธิ์ โทธรรัตน์³

Stress analysis of swing shaft in the transmission system of electric shovel

Siva Sitthipong¹*, Prapas Muangjunburee², Charoenyut Detvayukul², Narongrit Totarat³

¹ Department of Mining and Materials Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla Province, 90112

² Department of Mechanical Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla Province, 90112

³ Pile of Mechanical Maintenance, MaeMoe Mine, Electrical Generating Authority of Thailand, Lampang Province 52220

* Corresponding author, E-mail: mechat.s@gmail.com

Naresuan Phayao J. 2559;9(2):21-24.

บทคัดย่อ

การศึกษามุ่งหมายวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลาลมุนเหวี่ยงในระบบส่งกำลังของรถขุดไฟฟ้า ใช้วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ด้วยโปรแกรม NASA structural analysis (NASTRAN) ผลแสดงให้เห็นว่าบริเวณบ่าเพลารัศมีโค้งของเป็นบริเวณความเค้นสะสม ค่าความเค้นสูงสุดเท่ากับ 172 เมกะปาสคาล สูงกว่าบริเวณความเค้นปกติเป็นความเค้นที่ทำให้เพลาลมุนเหวี่ยงเข้าสู่กลไกการล้าประมาณ 1.7 เท่า เพลามีอายุการใช้งานจำกัด ข้อมูลผลการวิเคราะห์อาจใช้สำหรับการออกแบบเพลาลมุนเหวี่ยงให้สามารถต้านทานต่อการล้าเพื่อยืดอายุการใช้งาน

คำสำคัญ: วิเคราะห์ความเค้น เพลาลมุนเหวี่ยง ไฟไนต์เอลิเมนต์

Abstract

The study is aimed to analyze the stress of swing shaft in the transmission system of electrical excavators, using finite element method by NASA structural analysis (NASTRAN) program. The result showed that the stress concentration area was fillet shoulder of swing shaft, indicating maximum stress of 172 MPa. The maximum stress is approximately 1.7 higher than normal stress, lead to swing shaft failure because swing shaft underwent into the mechanism of fatigue. The shaft was lifetime limit. The analysis data will be used for shaft design, increase fatigue resistance to prolong the service life.

Keywords: Stress analysis, swing shaft, finite element

บทนำ

เพลาลมุนเหวี่ยงเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจักรกลหลักในระบบส่งกำลังของรถขุดไฟฟ้า แสดงดังรูป 1 และ

2 ทำหน้าที่หมุนดัดตัวรถขุดให้หันไปในทิศทางตามต้องการ ผลิตจากเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูงเกรด AISI 4340 มีคุณสมบัติต้านทานต่อการล้า แม้กระนั้น

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา 90112

³ กองบำรุงรักษาเครื่องจักรกลเหมืองแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จังหวัดลำปาง 52220

การชำรุดของเพลahmenเหวี่ยงยังคงสูง ด้วยรูปทรงของเพลามีอิทธิพลต่อความเค้นและส่งผลถึงอายุการใช้งาน การศึกษานี้มุ่งหมายวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลahmenเหวี่ยงด้วยระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ [1-5]



รูป 1 เพลahmenเหวี่ยง



รูป 2 รถขุดไฟฟ้า

วัสดุและวิธีการ

ขั้นรูป 3 มิติของเพลahmenเหวี่ยงด้วยโปรแกรม SolidWorks จากนั้นส่ง CAD file สกุล.xmt ไปยัง pre-processing โปรแกรม Patran โดยใช้ตัวแปร (parameter) ของขนาดเพลาวัดด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดทั่วไปประกอบด้วยสายวัด เวอร์เนีย คาลิเปอร์เกจ และดัลลิเมตร

วิเคราะห์ประมวลผลความเค้นของเพลahmenเหวี่ยง ใช้โปรแกรม NASA structural analysis (Nastran) ประกอบด้วย

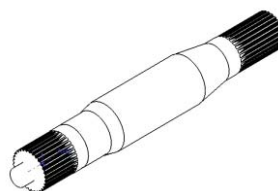
- ตรวจสอบความสมบูรณ์ของ CAD file นำเข้า
- กำหนดเงื่อนไขขอบเขตจุดจับยึดและประคองตามสภาวะการทำงานจริง
- กำหนดภาระแรงกระทำระบุทั้งตำแหน่งและขนาด ด้วยค่าที่ได้จากการคำนวณระบบส่งกำลัง
- กำหนดชนิดของวัสดุเป็นเหล็กกล้าผสมต่ำทนแรงดึงสูงเกรด AISI 4340
- กำหนดชนิดและรูปร่างเอลิเมนต์ให้เหมาะสมสำหรับรูปทรงเพล่า ส่วนความซับซ้อนบริเวณสไปลน์เลือกเอลิเมนต์แบบ Tet 10

- ตีเมชโดยเน้นเมชละเอียดบริเวณเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด
- ใช้คำสั่งประมวลผลชิ้นงานและวิเคราะห์ความถูกต้อง

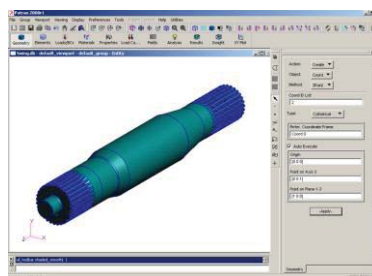
ทวนสอบผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นด้วยการคำนวณมือและโปรแกรม shaft component generation ในการทวนสอบ รวมทั้งตรวจสอบลักษณะการชำรุดของชิ้นงานจริงเพื่อยืนยันผลการวิเคราะห์

ผลการศึกษา

การขึ้นรูป 3 มิติด้วยโปรแกรม solidwork และนำเข้าไฟล์สกุล .xmt ของเพลahmenเหวี่ยงในโปรแกรม Patran สมบูรณ์ร้อยละ 100 แสดงดังรูป 3 และ 4

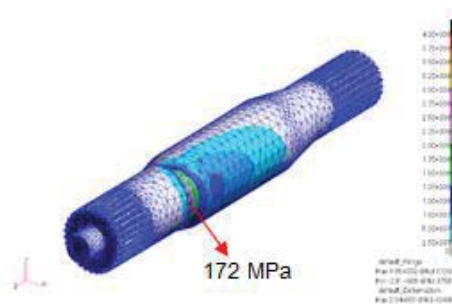


รูป 3 รูป 3 มิติโปรแกรม solidwork



รูป 4 การนำเข้าไฟล์ .xmt ในโปรแกรม Patra

การวิเคราะห์ค่าความเค้นของเพลahmenเหวี่ยงแสดงดังรูป 5 และ 6 บริเวณความเค้นสะสมอยู่ที่ป่าเพลารัศมีโค้งและมีค่าสูงสุดที่ 172 เมกะปาสคาล สูงกว่าบริเวณปกติ 1.7 เท่า

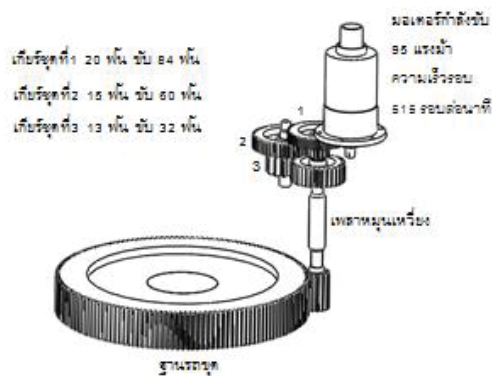


รูป 5 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นไม่แสดงเกียร์รวม

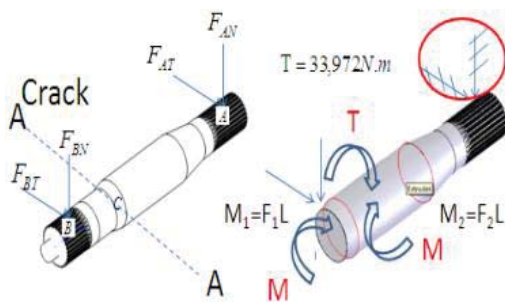


รูป 6 ผลการวิเคราะห์ค่าความเค้นแสดงเกียร์สวม

ผลการทดสอบการวิเคราะห์ค่าความเค้นด้วยการคำนวณเมื่อการส่งถ่ายแรงในระบบส่งกำลังจากมอเตอร์ผ่านชุดเกียร์ไปยังเฟลาหมุนเหวี่ยง แสดงดังรูป 7 และ 8 ค่าความเค้นตำแหน่งปาเฟลาเท่ากับ 169 เมกะปาสคาล

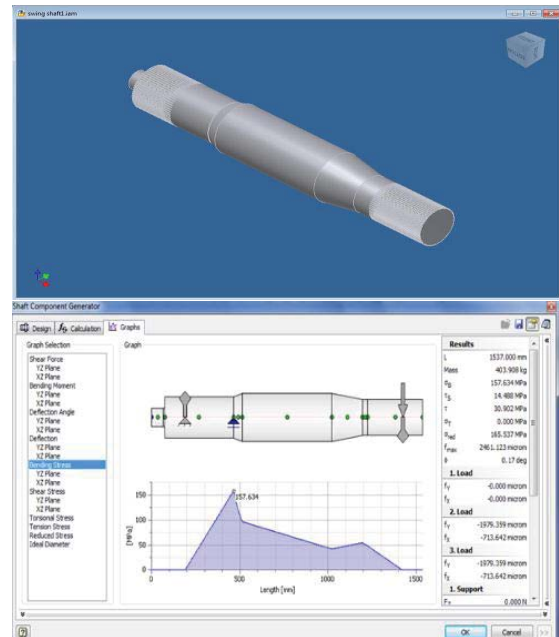


รูป 7 ระบบส่งกำลัง



รูป 8 ภาระกระทำต่อเฟลาหมุนเหวี่ยง

การทดสอบค่าความเค้นของเฟลาหมุนเหวี่ยงด้วยโปรแกรม shaft component generation ความเค้นสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งปาเฟลาเท่ากับ 157 เมกะปาสคาล



รูป 9 ผลการทดสอบด้วยโปรแกรม shaft component generation

การตรวจพินิจเฟลาที่ชำรุดแสดงรอยแตกเริ่มต้นเกิดบริเวณปาเฟลาและขยายตัวลุกลามเข้าไปในเนื้อเฟลา ลักษณะรอยแตกเป็นตามทฤษฎีกลไกการล้าซึ่งวิเคราะห์การชำรุด [6-12] แสดงดังรูป 10



รูป 10 เฟลาหมุนเหวี่ยงที่ชำรุด

วิจารณ์

การวิเคราะห์ทั้งสามวิธีการแสดงผลบริเวณความเข้มข้นบริเวณปาเฟลาสอดคล้องกัน ตัวเลขแปรผันเป็นผลจากกระบวนการคำนวณทางคณิตศาสตร์มีความแม่นยำและรายละเอียดแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์เผยให้เห็นแนวโน้มของการกระจายค่าความเค้นบนเฟลาหมุนเหวี่ยงอย่างชัดเจน นอกจากนี้ไปด้วยกันกับลักษณะการชำรุดของเฟลาหมุนเหวี่ยง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยผู้อนุเคราะห์การฝึกอบรมใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์ความแข็งแรงทางวิศวกรรม รวมถึงการไฟฟ้าฝ่ายผลิตผู้ให้ข้อมูลและเงินทุนสนับสนุนการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. Yuan Lin C, Pin Hung J, Chi Hsu T. Failure analysis of reverse shaft in the transmission system of all-terrain vehicles. *J fail Anal and Preven.* 2008;8(1):75-80.
2. Zambrano O.A., Coronado S.A., Rodriguez S.A. Failure analysis of a bridge crane shaft. *Case study Eng fail Anal.* 2014;2(1):25-32.
3. Goksenli A, Eryurek I.B. Failure of an elevator drive shaft. *Eng Fail Anal.* 2019;16(4):1011-1019.
4. Suhas K.S, Mohamed H. Contact fatigue analysis using finite element analysis for 6 station 2 lobe cam shaft. In *J Appli R.* 2014;4(7):185-187.
5. Promod J, Tayade R.M. Finite element analysis of shaft of centrifugal pump. *J Mech and Civil E.* 2013;7(3):37-42.
6. Osman A. Fatigue failure of a rear axle shaft of an automobile. *Eng Fail Anal.* 2006;13(8):1293-1302.
7. Tjernberg A. Fatigue lives for induction hardened shafts with subsurface crack initiation. *Eng Fail Anal.* 2002;9(1):45-61.
8. Sandip B. Failure analysis of gas blower shaft of a blast furnace. *Eng Fail Anal.* 2008;15(4):349-355.
9. Fahir Arisoy C, Gokhon B, Kelami Sesen M. Failure of a 17-4 PH stainless steel sailboat propeller shaft. *Eng Fail Anal.* 2003;10(6):711-717.
10. Sattari-Far I. Failure study of connecting shafts of a plug screw feeder in a paper production plan. *Eng Fail Anal.* 2003;10(3):341-349.
11. Jian Ping J, Guang M. Investigation on the failure of the gear shaft connected to extruder. *Eng Fail Anal.* 2008;15(4):420-429.
12. Xiaolei X, Zhiwei Y. Failure analysis of a locomotive turbocharger main-shaft. *Eng Fail Anal.* 2009;16(1):495-502.