

สาเหตุของความเสียหายและแนวทางการแก้ปัญหาสำหรับสกรูลำเลียงในการขนถ่าย

ตะกอนเปียกพอลิเมอร์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Causes of Damage and Solution for a Screw Conveyor in the Handling of

Polymer Wet Cake in the Petrochemical Industry

สมคิด เลานิตทะรากุล¹ และ ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเร็จ^{2*}¹บริษัท เออีเอสซี จำกัด อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี 20150²ศูนย์เทคโนโลยีแม่พิมพ์ (TDTC) คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ จังหวัดนนทบุรี 11000

Somkid Laonittharakul¹ and Bhadpiroon Watcharasresomroeng^{2*}¹AESC Co.,Ltd., Bang Lamung, Chonburi, 20150²Tool and Die Technology Center (TDTC), Faculty of Engineering and Architecture,

Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Nonthaburi, 11000

*Corresponding author Email: bhadpiroon.s@rmutsb.ac.th

(Received: June 4, 2024; Revise: June 21, 2024; Accepted: June 24, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสาเหตุความเสียหายและแนวทางการแก้ปัญหาสกรูลำเลียงในกระบวนการขนถ่ายตะกอนเปียกของพอลิเมอร์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี การศึกษาใช้เทคนิคทางโลหวิทยาและระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ชุดสกรูลำเลียงทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 (JIS) จากการทดสอบความแข็งและหาค่าส่วนผสมทางเคมีพบว่าวัสดุดังกล่าวมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ความเสียหายของสกรูลำเลียงเกิดที่เพลาสกรูซึ่งทำจากท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 318.5 mm หนา 17.4 mm มีความยาว 6000 mm 2 ชิ้น เชื่อมต่อกันด้วยสลีฟเพื่อให้ได้ความยาวรวมเท่ากับ 12000 mm จากการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณจุดเชื่อมต่อเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการตัดปาดเนื้อวัสดุด้วยกระบวนการกลึงเพื่อใช้ในการสวมอัดกับสลีฟ ผลวิเคราะห์ดังกล่าวสอดคล้องกับการตรวจสอบโดยพบรอยแตกในเนื้อวัสดุ ณ บริเวณดังกล่าว การใช้เพลาสกรูขึ้นเดียวช่วยลดความเค้นสูงสุดที่เกิดขึ้นกับบริเวณจุดเชื่อมต่อได้มากกว่าร้อยละ 61

คำสำคัญ: ความล้ม สกรูลำเลียง ตะกอนเปียก ปิโตรเคมี**Abstract**

The aim of this research is to identify the root causes of damage and potential solutions for the screw conveyor in the petrochemical industry's polymer wet cake handling process. The study employs metallurgical and finite element methods. SUS304 (JIS)-grade stainless steel makes up the screw conveyor. The hardness testing and chemical evaluation revealed that the material's value aligns with the prescribed standard. The screw conveyor, which consists of a 318.5 mm diameter tube, 17.4 mm thick, and two pieces of 6000 mm

length, sustained damage to its shaft. The screw conveyor, when coupled with a sleeve, achieves a total length of 12000 mm. An analysis using the finite element method revealed that the connection point area experienced the highest stress due to the material undergoing turning processes for press fitting with the sleeve. The analysis results are consistent with the detection of cracks in the material in that area. A single screw shaft reduces the maximum stress applied to the connection area by more than 61%.

Keywords: Fatigue, Screw Conveyor, Wet Cake, Petrochemical

1. บทนำ

แหล่งวัตถุดิบตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาจากแหล่งสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน ได้แก่ ปิโตรเลียม ซึ่งรวมถึงแก๊สธรรมชาติและน้ำมันปิโตรเลียม ผลิตภัณฑ์พลอยได้ (By-product) ของการผลิตปิโตรเลียมได้แก่สารเคมีหรือเคมีภัณฑ์ โดยเฉพาะวัสดุพอลิเมอร์ เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene, PE) เป็นต้น [1] กระบวนการผลิต PE เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow Production) มีการใช้สกรูลำเลียง (Screw Conveyor) เพื่อขนถ่ายตะกอนเปียกพอลิเมอร์ (Polymer Wet Cake) หากกระบวนการใช้งานสกรูลำเลียงได้รับความเสียหาย ก็จำเป็นต้องหยุดสายการผลิตเพื่อซ่อมบำรุง

สกรูลำเลียงเป็นอุปกรณ์เชิงกลสำหรับขนถ่ายวัสดุโดยเฉพาะการใช้งานเพื่อขนถ่ายวัสดุปริมาณมวล (Bulk Materials) โดยทั่วไปสกรูลำเลียงจะมีชิ้นส่วนประกอบด้วย เฟลา ไบสกรู หน้าแปลน ชุดขับ ตัวแวน และราง [2–5] การออกแบบและสร้างสกรูลำเลียงจำเป็นต้องพิจารณารูปร่างของส่วนประกอบและการนำไปใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับใช้เพื่อการลำเลียงวัสดุประเภทใด สมบัติของวัสดุปริมาณมวลชนิดต่าง ๆ ถูกจำแนกประเภทเอาไว้ตามมาตรฐานของ Conveyor Equipment Manufacturers Association หรือ CEMA [3]

สำหรับโจทย์ปัญหาของงานวิจัยนี้ ได้แก่ สกรูลำเลียงเพื่อขนถ่ายตะกอนเปียกของพอลิเมอร์ชนิด PE ของสถานประกอบการพบความเสียหายเป็นรอยร้าวบริเวณจุดเชื่อมต่อของเฟลา ทำให้ต้องหยุดสายการผลิตเพื่อซ่อมบำรุงเป็นระยะเวลานาน มีค่าใช้จ่ายสูง และเมื่อนำกลับมาใช้ก็พบปัญหาเกิดซ้ำขึ้นที่บริเวณตำแหน่งเดิม จากปัญหาดังกล่าวทางสถานประกอบการต้องการค้นหาสาเหตุความเสียหายของสกรูลำเลียง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการป้องกันและการนำไปพิจารณาเพื่อออกแบบชุดสกรูลำเลียงให้มีประสิทธิภาพการใช้งานและมีอายุใช้งานเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการหยุดสายการผลิตโดยกระทันหันในอนาคตได้ ปัญหาหลักของการใช้สกรูลำเลียงเพื่อขนถ่ายวัสดุ ได้แก่ การเกิดการสึกหรอ (Wear) การกัดกร่อน (Corrosion) และโดยเฉพาะการเกิดความล้า (Fatigue) กับชิ้นส่วนชุดสกรูลำเลียงที่รับภาระซ้ำ ๆ [4–7] ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้สกรูลำเลียงเสียหายจากการใช้งาน

ความล้า คือ ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเนื้อของวัสดุเนื่องจากการรับภาระสลับ (Cyclic Load) อย่างต่อเนื่อง เมื่อเนื้อวัสดุได้รับภาระสลับอย่างต่อเนื่องมากพอจะทำให้ผิวโลหะเริ่มเกิดรอยร้าว (Crack Initiation) ซึ่งมีขนาดเล็ก หากยังคงรับภาระต่อเนื่อง รอยร้าวจะมีการขยายตัวไปเรื่อย ๆ (Crack Growth) ปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดจากความเค้นบางจุดสูงกว่าความต้านแรงครากของวัสดุ (Yield Strength) และส่งผลให้เกิดการเสียรูปถาวร (Plastic Deformation) ขึ้นที่บริเวณดังกล่าว โดยทั่วไปจะเป็นบริเวณที่มีความไม่ต่อเนื่องบนชิ้นงาน (Discontinuities Zone) ความเสียหายจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปริมาณความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน [8–9]

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการวิเคราะห์สภาวะความเค้นเพื่อใช้ในการออกแบบ และเพื่อประสิทธิภาพการใช้งานได้มีการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) วิเคราะห์สถานะความเค้นที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของสกรูลำเลียงเมื่อรับภาระจากการใช้งาน [10–15] ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปทำนายอายุการใช้งานของสกรูลำเลียงได้ ดังนั้นจากปัญหาของสถานประกอบการและการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยจึงนำองค์ความรู้ด้านโลหวิทยาและระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้สาเหตุความเสียหายและเสนอแนวทางการแก้ปัญหาสกรูลำเลียงในกระบวนการลำเลียงตะกอนเปียกของพอลิเมอร์ชนิด PE

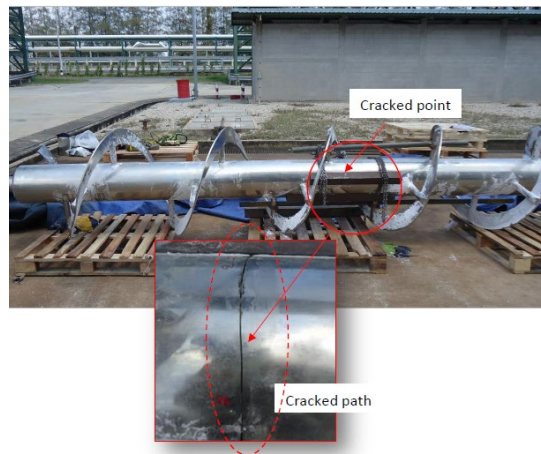
2. วัสดุและวิธีการ

การดำเนินงานวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การตรวจสอบความเสียหายของสกรูลำเลียง 2) สร้างแบบจำลอง FEM เพื่อใช้วิเคราะห์หาความเค้นที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน โดยกำหนดเงื่อนไขและขอบเขตการจับยึดตามการใช้งานจริง และ 3) ออกแบบชุดสกรูลำเลียงใหม่และใช้การจำลองการทำงานด้วย FEM เพื่อหาชุดสกรูที่สามารถยืดอายุการใช้งานได้

สกรูลำเลียงของสถานประกอบการทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด SUS304 ตามมาตรฐาน JIS ตัวเพลามีลักษณะกลวงทำจากท่อมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 318.5 mm มีความหนา 17.4 mm ความยาว 6000 mm จำนวน 2 ชั้น เชื่อมต่อกันด้วยสลีฟ (Sleeve) เพื่อให้ได้ความยาวของเพลาสกรูรวม เท่ากับ 12000 mm

2.1. การตรวจสอบความเสียหายของสกรูลำเลียง

การตรวจสอบสกรูลำเลียงทำโดยการตรวจสอบด้วยสายตา (Visual Examination, VT) กับลักษณะภายนอกชิ้นงานโดยตรง การตรวจสอบทำร่วมกับสถานประกอบการเพื่อหาจุดที่เกิดความเสียหาย เมื่อทราบบริเวณที่เกิดความเสียหายจะนำเนื้อวัสดุของชิ้นส่วนในตำแหน่งดังกล่าวไปทำการตรวจสอบหาสาเหตุตามเทคนิคทางโลหวิทยา โดยสกรูลำเลียงที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สกรูลำเลียงและลักษณะความเสียหายที่บริเวณเพล

จากการตรวจสอบแบบ VT ความเสียหายเกิดที่ตัวเพลาสกรูมีลักษณะแตกร้าวบริเวณจุดต่อของเพล โดยสถานประกอบการได้ตัดชิ้นส่วนดังกล่าวให้แก่ผู้วิจัยนำมาตัดเฉพาะบริเวณที่เกิดความเสียหายเพื่อนำไปใช้เทคนิคทางโลหวิทยาศึกษาหาสาเหตุ การเตรียมชิ้นทดสอบทำโดยการตัดเย็นดังรูปที่ 2 เพื่อป้องกันผลกระทบจากความร้อนที่จะส่งผลต่อโครงสร้างจุลภาค โดยบริเวณเครื่องหมายวงกลม คือ จุดที่เกิดความเสียหาย



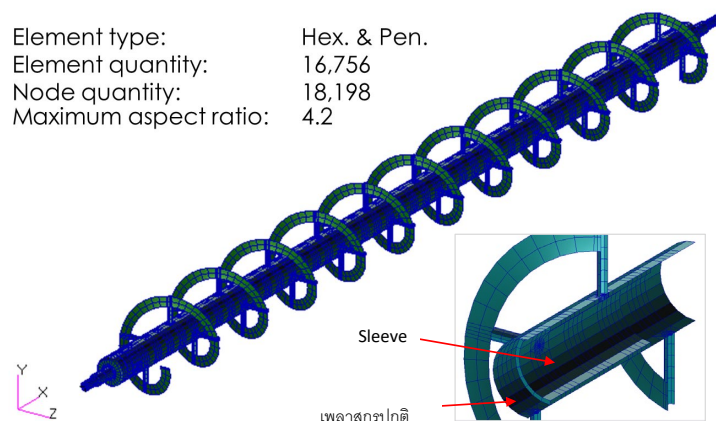
รูปที่ 2 การเตรียมชิ้นทดสอบจากเพลาสกรู

การวิเคราะห์หาสาเหตุทำโดยการทดสอบความแข็ง (Hardness) หาส่วนประกอบทางเคมี (Chemical Composition) และการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

การทดสอบความแข็งใช้ Micro Vickers Hardness Tester ยี่ห้อ STRUERS รุ่น Duramin-5 สำหรับการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีใช้ Optical Emission Spectroscopy (OES) ยี่ห้อ SPECTROLAB และ SEM เป็นของ JEOL การทดสอบทั้งหมดดำเนินการตามมาตรฐานการทดสอบของแต่ละชนิดการทดสอบ ภายใต้สภาพแวดล้อมทดสอบที่อุณหภูมิ 22.7 °C และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 49 %RH แต่ละการทดสอบดำเนินการ 3 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อรายงานผล

2.2. แบบจำลอง FEM

การวิเคราะห์ FEM ใช้ซอฟต์แวร์ MSC/Patran ในการสร้างแบบจำลอง และใช้ MSC/Nastran เป็นตัวคำนวณ เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดใหญ่และรูปร่างซับซ้อนหากทำการตีเมช (Mesh) แบบอัตโนมัติ อาจจะใช้จำนวนเอลิเมนต์ (Element) มากเกินไป และนำไปสู่การคำนวณที่ยาวนาน ในงานนี้จะเป็นการสร้างเมชแบบมือ (Manual Meshes) เพื่อแก้ปัญหาเรื่องปริมาณเอลิเมนต์ที่มากเกินไป เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณ รวมถึงช่วยเพิ่มคุณภาพเอลิเมนต์ให้มีสัดส่วนรูปร่าง (Aspect Ratio) ที่เหมาะสม



รูปที่ 3 แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของสกรูลำเลียง

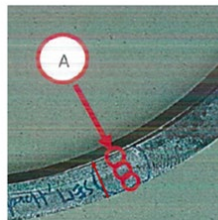
แบบจำลองใช้ทั้งเอลิเมนต์ 2 มิติ ชนิดสี่เหลี่ยมสี่จุดต่อ (Quadrilateral Element 4 Nodes) และเอลิเมนต์ชนิดทรงสี่เหลี่ยมแปดจุดต่อ (Hexagonal Element 8 Nodes) ในส่วนของการจับยึดที่สวมกับแบริ่งและบริเวณที่สวมกับคัปปลิง (Coupling) จะใช้เอลิเมนต์พิเศษชนิด RB2 (Rigid Body Element) ซึ่งมีองศาอิสระ (Degree of Freedom) ในการเคลื่อนที่ 6 ทิศทาง เป็นตัวถ่ายทอดแรงและการจับยึด แบบจำลองนี้ใช้เอลิเมนต์ทั้งสิ้นจำนวน 16756 เอลิเมนต์ ใช้โหนด 18198 โหนด และอัตราสัดส่วนรูปร่างสูงสุด 4.2 เท่า รายละเอียดแสดงในรูปที่ 3 และสมบัติของวัสดุ SUS304 ได้จากการทดสอบการดึงแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติวัสดุของสกรูลำเลียง

Material Property	Value
Elastic Modulus (MPa)	190000
Poisson Ratio	0.3
Density (kg/m ³)	8000
Yield Strength (MPa)	205
Ultimate Tensile Strength (MPa)	572

3. ผลและการวิเคราะห์

เมื่อนำชิ้นงานเพลลาบริเวณที่เกิดการแตกร้าวไปตรวจสอบความแข็งตามแนวภาคตัดขวางของหน้าตัดเพลลา พบว่าค่าความแข็งของเนื้อโลหะจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดรัศมีของเพลลาที่มีลักษณะเป็นท่อดังตำแหน่งการวัดในรูปที่ 4



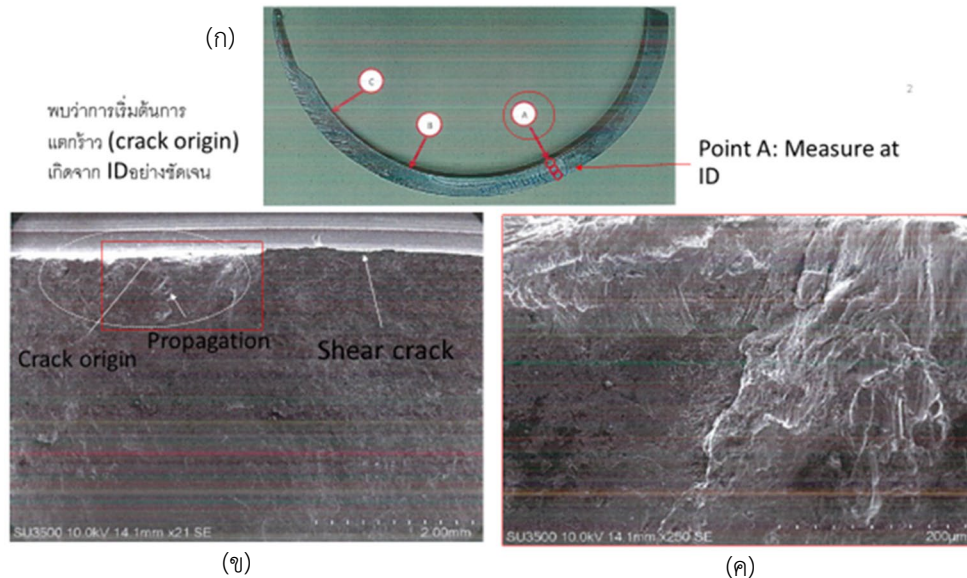
รูปที่ 4 ตำแหน่งการวัดค่าความแข็งตามแนวภาคตัดขวางของหน้าตัดเพลลา

จากรูปที่ 4 ตำแหน่งใกล้เส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอก หรือ OD เนื้อวัสดุจะมีความแข็งเฉลี่ยสูงสุด คือ เท่ากับ 285.5 HV สำหรับตำแหน่งใกล้เส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน หรือ ID เนื้อวัสดุจะมีความแข็งน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 214.9 HV ซึ่งค่าดังกล่าวยังคงอยู่ในช่วงความแข็งตามมาตรฐานของวัสดุ SUS304 [16]

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของเพลลาวัสดุ SUS304

ธาตุ	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Nb	Ti	V	B
ร้อยละโดยน้ำหนัก	0.01	0.42	1.59	0.03	<0.01	18.32	0.20	9.23	<0.01	0.08	0.01	<0.01	0.03	<0.01

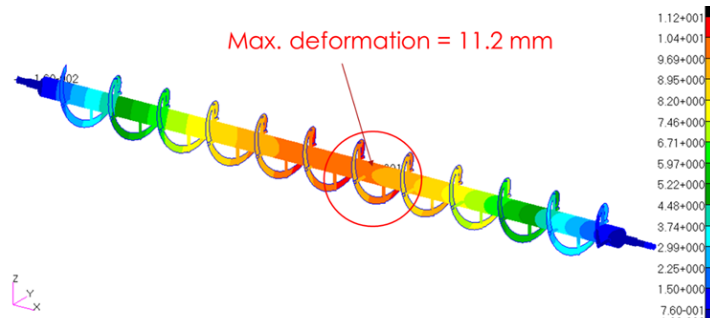
ผลการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุ SUS304 แสดงดังตารางที่ 2 โดยทั่วไปเหล็กกล้าไร้สนิมเกรดนี้มีธาตุเจือหลัก คือ โครเมียม และนิกเกิล โดยมาตรฐานของธาตุผสมทั้งสองตามมาตรฐานอยู่ที่ร้อยละ 18.0-20.0 และ 8.0-10.5 ตามลำดับ [16] เมื่อตรวจสอบชั้นทอสอบเพลาสกรูที่ศึกษาพบว่ามีส่วนโครเมียมและธาตุนิกเกิลผสมอยู่ร้อยละ 18.32 และ 9.23 ตามลำดับ จากผลการทดสอบความแข็งและหาส่วนประกอบทางเคมีแสดงให้เห็นวัสดุชิ้นงานไม่ได้มีส่วนผิดปกติแต่อย่างใด



รูปที่ 5 ชั้นทอสอบและภาพถ่ายความเสียหายของเพลาสกรูด้วย SEM (ก) คือ ตำแหน่งอ้างอิงในการวัด (ข) คือ ตำแหน่งก่อกำเนิดรอยร้าวที่กำลังขยาย 21 เท่า และ (ค) คือ ภาพขยายตำแหน่งก่อกำเนิตรอยร้าวที่กำลังขยาย 250 เท่า

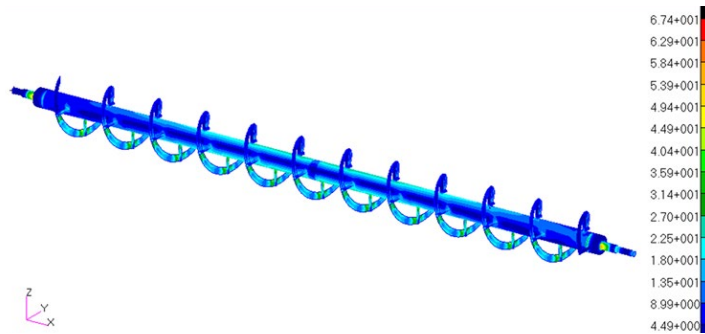
รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งการก่อกำเนิตรอยร้าวของเนื้อวัสดุชิ้นงาน ณ ตำแหน่ง A บริเวณ ID โดยตำแหน่งก่อกำเนิตรอยร้าวแสดงดังรูปที่ 5 (ข) และภาพกำลังขยายรอยร้าวขนาด 250 เท่า แสดงดังรูปที่ 5 (ค) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีตัดปาดเนื้อวัสดุด้วยกระบวนการกลึงท่อที่ใช้ทำเพลาสกรูเพื่อทำการสวมอัดกับสลีฟในการเชื่อมต่อ ในทางทฤษฎีการที่เนื้อวัสดุมีความไม่ต่อเนื่องจะก่อให้เกิดความเค้นกระจุกตัว (Stress Concentration) [8] อีกทั้งบริเวณดังกล่าวยังมีผิวสัมผัสที่ถูกจิกด้วยปลายสลีฟด้วย ดังนั้นเมื่อเนื้อวัสดุรับภาระสลับ (Cyclic Load) จะนำไปสู่การเกิดการล้าเนื่องจากผิวสัมผัส (Fretting Fatigue) ได้

ความเค้นสูงสุดของสกรูลำเลียงที่ถูกวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แสดงดัง รูปที่ 6 จากรูปพบว่า ค่าความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นบริเวณที่มีการสวมสลีฟฝั่งด้านที่ติดกับชุดขับด้วยมอเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับความเสียหายที่เกิดขึ้นจริง เมื่อพิจารณาการทำงานของเพลาสกรูนั้น ภาระที่เกิดขึ้นจะมาจากแรงบิดเนื่องจากการส่งกำลังด้วยมอเตอร์เพื่อใช้ขับเพลาน้ำหนักของตัวเพลารวมถึงภาระที่ต้องลำเลียงตะกอนเปียกจากแรงดันของโบสกรูนั้น เมื่อเนื้อวัสดุมีความไม่ต่อเนื่องของรูปร่างที่บริเวณดังกล่าวจะเกิดการกระจุกตัวของความเค้นและทำให้ความเค้นบริเวณดังกล่าวสูงกว่าปกติ และเมื่อใช้งานด้วยระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดความล้าสะสมซึ่งนำไปสู่การเกิดความเสียหายกับชิ้นงานที่ออกแบบในลักษณะนี้



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความเสียหายของสกรูลำเลียงที่ใช้อยู่ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากการวิเคราะห์ปัญหาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการใช้ สลิฟเชื่อมต่อเพลานั้นต้องทำการกลึงเนื้อของวัสดุทำเพลาทิ้ง ส่งผลให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของเนื้อวัสดุ ดังนั้นหากใช้ชุดสกรูลำเลียงที่ทำจากเพลามีความสม่ำเสมอของเนื้อวัสดุ ไม่มีการเชื่อมต่อกัน จะช่วยลดการกระจุกตัวของความเค้นได้ จึงใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์จำลองการทำงานเพื่อวิเคราะห์สถานะความเค้นที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์สถานะความเค้นของสกรูลำเลียงแบบที่ไม่มีการเชื่อมต่อด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

จากผลการวิเคราะห์ในรูปที่ 7 การใช้เพลาสกรูที่ไม่มีการเชื่อมต่อ สามารถลดความเค้นสูงสุดบริเวณจุดต่อซึ่งมีค่าเท่ากับ 69.3 MPa ลงได้ โดยความเค้นที่เกิดขึ้นจะมีความสม่ำเสมอและเมื่อพิจารณาค่าความเค้นที่บริเวณดังกล่าวพบว่ามีค่าเท่ากับ 27 MPa ซึ่งลดลงจากเดิมร้อยละ 61 หรือมีค่าความเค้นลดลงเกินครึ่งของความเค้นเดิมที่เกิดขึ้น จากค่าความเค้นที่ลดลงนี้ก็จะช่วยยืดอายุการใช้งานของเพลาก็หรืออาจจะช่วยให้เพลานี้ไม่เกิดความเสียหายเนื่องจากการล้าได้ ซึ่งสามารถนำค่าดังกล่าวไปใช้ทำนายอายุการใช้งานได้จากทฤษฎีความล้า

4. สรุป

จากการตรวจสอบด้วยสายตา การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางโลหะวิทยา และเทคนิคระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถสรุปได้ว่า สาเหตุความเสียหายของชุดสกรูลำเลียงตะกอนเปียกพอลิเมอร์ชนิด PE เกิดจากความล้าของเนื้อวัสดุที่บริเวณจุดเชื่อมต่อของเพลาสกรู การตัดปาดเนื้อวัสดุเพื่อเชื่อมต่อเพลาสกรูด้วยสลิฟทำให้เนื้อวัสดุมีความไม่ต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความเค้นกระจุกตัวที่บริเวณดังกล่าว เมื่อยังคงใช้งานต่อเนื่อง เนื้อวัสดุจะเกิดความล้าและเกิดความเสียหายจากการแตกร้าวที่บริเวณดังกล่าว

การใช้เพลาสกรูขึ้นเดียวช่วยลดความเค้นที่เกิดในเนื้อวัสดุของเพลาสกรูลงได้ร้อยละ 61.04 ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของสกรูลำเลียงได้เมื่อพิจารณาจากค่าความเค้นที่เกิดกับชิ้นส่วนดังกล่าวลดลง ทั้งนี้วิธีการที่นำเสนออาจทำให้ชุดสกรูลำเลียงมีราคาที่สูงกว่าการใช้ชุดสกรูที่ทำการเชื่อมต่อเพลาสกรู ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำข้อมูลมาศึกษาถึงความคุ้มค่าต่อไป

5. กิติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากโครงการแพลตฟอร์มบริหารจัดการทรัพยากรผู้มีศักยภาพของกลุ่มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล เพื่อปฏิรูประบบการพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ.2564 สัญญาเลขที่ TRM2564-311 และขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ในการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] *Petrochemical Encyclopedia*, Bangkok, PTT Public Company Limited, 2011. (in Thai)
- [2] P. Chongchitpaisan and S. Sudsawat, “A Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications,” *Ladkrabang Engineering Journal*, vol. 39, no. 2, pp. 1–12, 2022.
- [3] *Screw Conveyors for Bulk Materials*, ANSI/CEMA 350-2009, Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2009.
- [4] A. Mariajayaprakash and T. Senthilvelan, “Optimizing Process Parameters of Screw Conveyor (Sugar Mill Boiler) Through Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Taguchi Method,” *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol. 14, no. 6, pp. 772–783, Nov. 2014. doi:10.1007/s11668-014-9887-2
- [5] N. R. Tambake, “Fatigue Failure of Flange in Screw Conveyor: A Review,” *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*, vol. 3, no. 9, pp.37–41, 2016.
- [6] P. Zhang, Y. Jiang, Y. Li, J. Gong, and N. Sun, “Experimental and Simulative Failure Analysis of Aisi 316L Stainless Steel Screw Shaft,” *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol. 18, no. 4, pp. 799–808, May 2018. doi:10.1007/s11668-018-0464-y
- [7] W. Yang, W. Meng, L. Gao, Y. Tan, J. Fottner, X. Dai, F. Yao, Y. Yuan and X. Sun, “Analysis of the Screw Flight Wear Model and Wear Regularity of the Bulk Transport in Screw Ship Unloader,” *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Mechanical Engineering*, vol. 46, no. 1, pp. 15–29, Jan. 2022. doi:10.1007/s40997-021-00422-8
- [8] A. F. Madayag, *Metal Fatigue: Theory and Design*. Nashville, John Wiley & Sons, 1969.
- [9] “MSC Software Technical Support,” Simulatemore, <http://simulatemore.mscsoftware.com/what-is-fatigue-analysis-msc-nastran> (accessed May 9, 2022).
- [10] J. N. Patel, S. P. Patel, and S. S. Patel, “Productivity Improvement of Screw Conveyor by Modified Design,” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 492–496, Jan. 2013.
- [11] A. Ramesh, P. Karunaker and L. Ramesh, “Design and Analysis of Discharging of Dust in Pneumatic

- Conveying System by A Screw Conveyor Shafts,” in *Proceeding of Advance Research and Innovations in Mechanical, Material Science, Industrial Engineering and Management-ICARMMIEM-2014*, pp. 84–91, 2014.
- [12] R. A. Figueroa Díaz, A. D. Balvantín García, J. Á. Diosdado de la Peña, P. Cruz Alcantar, I. Murillo Verduzco and P. A. Pérez Olivas, “Stress Analysis in a Screw Conveyor Axis Under a Specific Fault Condition,” *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 20, no. 3, pp. 1–11, Jul. 2019. doi:10.22201/ii.25940732e.2019.20n3.031
- [13] L. Mei, C. Cheng, and Z. Fan, “Research on Finite Element Simulation of Intermediate Support of Vertical Screw Conveyor,” in *Proceeding of 2021 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA)*, pp. 551–555, Aug. 2021. doi:10.1109/aeeeca52519.2021.9574401
- [14] S. Moorthi, M. Megaraj, L. Nagarajan, A. Karthick, M. Bharani and P. P. Patil, “Dynamic Analysis and Fabrication of Single Screw Conveyor Machine,” *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2022, pp. 1–10, Apr. 2022. doi:10.1155/2022/3843968
- [15] W. Lahamornchaiyakul and K. Rattanawong, “The Design and Analysis of The Screw Conveyer Blade for The Small Rice Milling Machine,” *Journal of Research and Applications in Mechanical Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 1–15, 2022.
- [16] *High-Temperature Characteristics of Stainless Steels, A Designers’ Handbook Series No. 9004*. Washington, DC: American Iron and Steel Institute, 2011.