

การศึกษาความสัมพันธ์ของความถี่ธรรมชาติกับของสารยึดติด ใน Pivot Bearing

A Study of the Relation Between the Natural Frequencies and Adhesive's Properties in Pivot Bearing

อารี โคตรภูธร (Aree Khotputorn)^{1*} ดร.เกียรติฟ้า ตั้งใจจิต (Dr.Kiatfa Tangchaichit)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของความถี่ธรรมชาติของชุดหัวอ่าน/เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ กับสมบัติทางกายภาพของสารยึดติดที่ใช้ในการประกอบไพลอตแบริง (Pivot Bearing) ซึ่งในที่นี้หมายถึงกาวยูวี การศึกษาแบ่งออกเป็นสองส่วน โดยส่วนแรกจะใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณศึกษาพฤติกรรมของการไหลของกาวขณะฉีด เมื่อเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของกาว ได้แก่ ความหนืด และความถ่วงจำเพาะ ส่วนที่สองจะใช้รูปร่างของกาวที่ได้ จากส่วนแรกมาวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อหาค่าความถี่ธรรมชาติของชุดหัวอ่าน/เขียนฮาร์ดดิสก์ หลังจากใช้กาวยึดไพลอตแบริง จากผลการศึกษาพบว่า 5 โหมดแรกเป็น bending mode และ ค่าความถี่ธรรมชาติ มีความแตกต่างกันน้อยมาก ส่วนโหมดที่ 6 ที่เป็น sway mode จากนั้นนำผลที่ได้จากทั้งสองการศึกษามาหาความสัมพันธ์ ได้สมการในรูปสมการโพลิโนเมียล

ABSTRACT

This research presents the results of a study into the influence of the adhesive used in the pivot bearing assembly on the natural frequency of vibration of the Head Stack Assembly (HSA) of a Hard Disk Drive (HDD). The study was divided into two parts. Firstly the flow behavior of adhesive with different physical properties, such as viscosity and specific gravity, was investigated using Computation Fluid Dynamics (CFD) simulation. Secondly, the study then used Finite Element Analysis (FEA) techniques to analyze the natural frequency of oscillation of the HSA when using the selected adhesive. The first 6 natural frequencies were found. The first 5 modes are bending mode but the 6th mode is a sway mode. There is no significant different of natural frequency in each the first 5 modes but there is slightly different in the 6th mode. The result of the analysis for the 6th mode is a polynomial equation.

คำสำคัญ : ความถี่ธรรมชาติ ไพลอตแบริง ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พลศาสตร์ของไหล

Key Words : The natural frequency, Pivot bearing, Finite element analysis, Fluid Dynamics

¹ Correspondent author : kiatfa@kku.ac.th

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบันนี้ และหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์จะมีขั้นตอนทำงานพื้นฐานอยู่ 4 ขั้นตอน ได้แก่ รับข้อมูล (Input) ประมวลผลข้อมูล (Processing) จัดเก็บข้อมูล (Storage) และแสดงผลลัพธ์ของข้อมูล (Output) ได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและมีความแม่นยำสูง

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูล ที่เรียกว่า ฮาร์ดดิสก์ ฮาร์ดดิสก์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดดิสก์ได้พัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งความจุที่เพิ่มมากขึ้น และความเร็วรอบที่สูงขึ้น ทั้งนี้ฮาร์ดดิสก์ยังถือได้ว่าเป็นสินค้าส่งออก และสามารถสร้างรายได้เป็นอันดับต้นรองจากสินค้าประเภท รถยนต์ อุปกรณ์ และส่วนประกอบของรถยนต์ ให้แก่ประเทศไทยเป็นอย่างมาก [1] จึงทำให้บริษัทที่ผลิตชิ้นส่วนทางด้านฮาร์ดดิสก์เห็นความสำคัญ และมีความต้องการจะผลิตฮาร์ดดิสก์ที่มีขนาดกะทัดรัด แต่มีประสิทธิภาพในเชิงความจุและความเร็วรอบที่สูงขึ้น ทำให้มีการทำการวิจัยและพัฒนาในเรื่องนี้เป็นที่แพร่หลาย

ส่วนประกอบที่สำคัญของฮาร์ดดิสก์ที่ทำหน้าที่ในการเขียน/อ่านข้อมูล ได้แก่ ชุดหัวอ่าน/เขียน ซึ่งจะติดตั้งบนแกนของ Pivot Bearing และจะเคลื่อนที่เพื่อค้นหาข้อมูลด้วยตัวขับที่เรียกว่า Voice Coil Motor (VCM) ชุดหัวอ่าน/เขียน จะประกอบไปด้วย หัวอ่าน/เขียน (Read/Write Head) สไลเดอร์ (Slider) ชัสเพนชัน (Suspension) แขนของชุดหัวอ่าน/เขียน (Actuator arm) และ Voice Coil ชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ยึดติดแบร์ริงกับแกนของชุดหัวอ่าน/เขียน และลดการสั่นสะเทือนในการทำงานของชุดหัวอ่าน/เขียนขณะการอ่านข้อมูลเรียกว่า ทริง (T-Ring) แต่ปัญหาที่พบในการใช้ทริง คือ เมื่ออุณหภูมิภายในฮาร์ดดิสก์สูงขึ้นจะส่งผลให้ทริงเกิดการขยายตัว และ

ทำให้ค่าความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) ของชิ้นส่วนเปลี่ยนไป อาจส่งผลให้เกิดการสั่นพ้อง (Resonance) ของชิ้นส่วนในระหว่างการทำงาน ซึ่งอาจทำให้การอ่านข้อมูลมีความไม่แม่นยำตามไปด้วย เพื่อแก้ไขปัญหานี้เกิดจากพฤติกรรมดังกล่าวของทริง (Tolerance ring : T-ring) จึงได้มีการนำกาวยูวีที่มีคุณสมบัติยึดติดระหว่างโลหะได้ดีกว่ากาวชนิดอื่น [2] อีกทั้งยังทนความร้อนได้ดี และมีราคาถูกกว่ามาใช้แทนทริง ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาพฤติกรรมของกาวยูวีที่เหมาะสม โดยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชั้นสูง เพื่อจำลองพฤติกรรมของกาวยูวีที่นำมาใช้แทนทริงในการยึดแบร์ริงกับแกนของชุดหัวอ่าน/เขียน เพื่อนำมาใช้คำนวณหาค่าความถี่ธรรมชาติในการคำนวณจะใช้แบบจำลองทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS 14.5 ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์และไฟไนต์วอลุ่มในการวิเคราะห์และประมวลผลทางกราฟฟิก ซึ่งสมบัติทางกายภาพของกาวยูวีที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ค่าความหนืด (Viscosity) และค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิ และคุณสมบัติทางกลของวัสดุเดียวกัน เพื่อศึกษาผลกระทบของสมบัติดังกล่าวต่อค่าความถี่ธรรมชาติและรูปร่างโหมด (Mode Shape) ของการสั่นสะเทือนของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงานของฮาร์ดดิสก์

จากปัญหาที่เกิดขึ้นจากการอ่านและเขียนข้อมูลจากการเขียน/อ่านข้อมูล จึงมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลการเขียน/อ่านข้อมูล [3] ได้มีการศึกษาวิธีการทำนายการเปลี่ยนตำแหน่งและการเสียหายของส่วนประกอบแอกทูเอเตอร์ระหว่างการตก เมื่อฮาร์ดดิสก์ตกลงมาจากที่สูงขณะที่กระแทกพื้น ชัสเพนชันจะกระแทกขึ้นลง หลังจากทดลองพบว่า ความแข็งแรงของไพออตแบร์ริง ซึ่งเป็นชิ้นส่วนของแอกทูเอเตอร์เกิดความเสียหาย ซึ่งในการจำลองจะใช้คานาติตสปริงบิดและสปริงเลื่อนที่ปลายคานาเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของความแข็งแรงของไพออตแบร์ริง [4-6] พบว่าการสั่นสะเทือนของแกนหัวอ่าน/เขียน ที่เกิดจาก

ความเร็วรอบของจานหมุน และเกิดจากเสีรูปการประกอบชุดหัวอ่าน/เขียน มีผลต่อความแม่นยำของการอ่าน/เขียนข้อมูล โดยทำการวิเคราะห์การสั่นสะเทือนด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมนำไปใช้ในวิเคราะห์การทำงานจริงของชิ้นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7-8] ได้มีการศึกษาการนำสารยึดติดมาใช้ในการประกอบ HGA พบว่า กาวชนิดอีพอกซี และกาวยูวีมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการประกอบชิ้นงาน เพราะมีความแข็งแรงยึดติดได้แน่นมากและทนความร้อนได้ดี และความเข้มของแสงยูวีที่เหมาะสมอยู่ที่ช่วง $400-480 \text{ W/cm}^2$ เป็นช่วงความเข้มที่ทำให้คุณสมบัติเชิงกลมีประสิทธิภาพดีที่สุด

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ ศึกษาผลกระทบของสมบัติทางกายภาพของกาวยูวีต่อความถี่ธรรมชาติของชุดหัวอ่าน/เขียนในการประกอบ

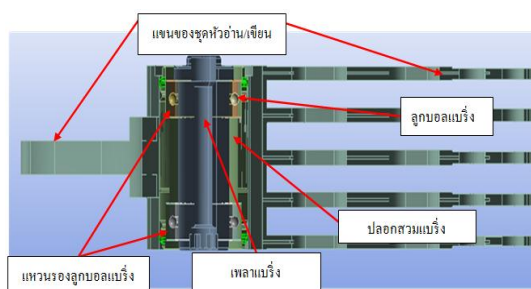
วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS 14.5 ในการวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเมื่อใช้กาวยูวีแทนที่จริงในการยึดติดเบร้งกับแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน (Head Stack Assembly: HSA) ของฮาร์ดดิสก์ที่มีขนาด 3.5 นิ้ว มี 8 หัวอ่าน/เขียน โดยทำการปรับเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพของกาวยูวี ได้แก่ ค่าความหนืด และค่าความถ่วงจำเพาะ กระบวนการดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การเลือกแบบจำลองแขนของชุดอ่าน/เขียน การสร้างแบบจำลอง 2 มิติเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวี และการสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติ

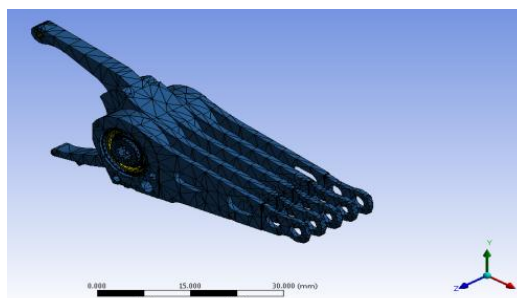
1. การเลือกแบบจำลองแขนของชุดอ่าน/เขียน

แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้เป็นชิ้นส่วนของแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน

(Head Stack Assembly : HSA) ที่มีขนาด 3.5 นิ้ว มี 8 หัวอ่าน/เขียน โดยมีส่วนประกอบได้แก่ แขนของชุดหัวอ่าน/เขียน (Actuator arm) ปลอกสวมเบร้ง (Bearing Sleeve) แหวนรองลูกบอลเบร้ง (Bearing Race) ลูกบอลเบร้ง (Bearing Ball) และเพลาเบร้ง (Bearing Shaft) แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หน้าที่ดของส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์



ภาพที่ 2 การแบ่งเอลิเมนต์ของแบบจำลองแขนของ HSA

เมื่อทำการเลือกแบบจำลองแขนของหัวอ่าน/เขียนแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การนำกระบวนการไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วยในการคำนวณ โดย การเลือกชนิดของเอลิเมนต์และการแบ่งเอลิเมนต์ ในขั้นตอนนี้อาจสามารถเลือกชนิดของเอลิเมนต์และการแบ่งเอลิเมนต์ได้เหมาะสมและสอดคล้องกับความเป็นจริงของชิ้นงานมากที่สุด จะทำให้ค่าที่คำนวณได้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่าง

ของการเลือกชนิดและการแบ่งเอลิเมนต์ที่เหมาะสม เมื่อทำการเลือกชนิดและแบ่งเอลิเมนต์แล้ว จำนวนของเอลิเมนต์ที่แบ่งออกมาในแต่ละส่วนจะไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับรูปร่างและลักษณะของส่วนประกอบ เช่น จำนวนเอลิเมนต์ของแบบจำลองแขน

ของหัวอ่าน/เขียนของแบบจำลองเป็นเอลิเมนต์ชนิด Quadratic Tetrahedron จำนวน 52,679 เอลิเมนต์ เป็นต้น ข้อมูลเบื้องต้นของการแบ่งเอลิเมนต์ในงานวิจัยนี้แสดงในตารางที่ 1

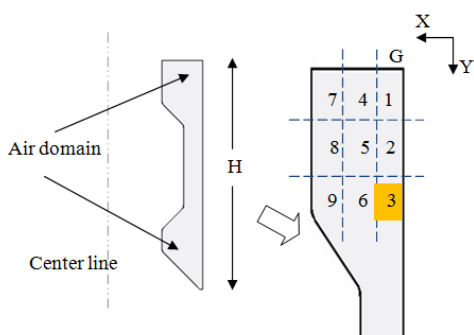
ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของการแบ่งเอลิเมนต์

คำอธิบาย	จำนวน	หน่วย
จำนวนจุดต่อทั้งหมด (Nodes)	102,767	จุดต่อ
จำนวนเอลิเมนต์ทั้งหมด (Elements)	76,724	เอลิเมนต์
จำนวนเอลิเมนต์ของรูปทรง (Body elements)	52,679	เอลิเมนต์
จำนวนเอลิเมนต์ของผิวสัมผัส (Contact elements)	24,045	เอลิเมนต์
จำนวนชนิดของเอลิเมนต์ (Element types number)	7	

2. การกำหนดสมบัติทางกายภาพของกาวยูวี
การกำหนดสมบัติทางกายภาพของกาวยูวีแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

2.1 การกำหนดให้ค่าของสมบัติต่างๆ คงที่ได้แก่

กำหนดตำแหน่งหัวฉีดที่มีการกระจายตัวของกาวยูวี ที่มีปริมาณของกาวยูวีบนพื้นผิวแบริ่งมากที่สุด [7] คือ ตำแหน่งของหัวฉีดกาวยูวี ที่พิกัด (0.1, 0.3) แสดงดังในภาพที่ 3 จึงเป็นที่มาในการเลือกตำแหน่งดังกล่าวในการวิเคราะห์ และปริมาณกาวยูวีที่ใช้ กำหนดให้เป็น 7 มิลลิกรัม



ภาพที่ 3 ค่าตำแหน่งของหัวฉีดกาวยูวี (0.1, 0.3) [7]

2.2 การกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าสมบัติต่าง ๆ ดังนี้

- ค่าความหนืด (ν) ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางกายภาพของกาวยูวี ได้แก่ = 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000 และ 60,000 โดยความหนืดมีหน่วยเป็น cps (centipoises)

- ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG) ที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพของกาวยูวี ได้แก่ = 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16 และ 1.17

3. การสร้างแบบจำลอง 2 มิติเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวี

การสร้างแบบจำลองที่นำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวีในขณะที่ถูกฉีดเข้าระหว่างแบริ่งและแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นโดยจะทำการสร้างแบบจำลอง 2 มิติและแบ่งเอลิเมนต์เป็นแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular) มีความสมมาตรรอบแกนหมุนแทนการวิเคราะห์แบบ 3 มิติ เนื่องจากกาวยูวีเมื่อถูกฉีดออกมาจากหัวฉีดเพื่อยึดติดระหว่างแขนของหัวอ่าน/เขียนกับแบริ่งมีลักษณะเป็นของไหลแบบอัดตัวไม่ได้ ก่อนการทำให้แข็งตัวโดยการแสงยูวี

ดังนั้นจึงเลือกใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลูเมนต์ในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้โปรแกรม ANSYS CFX ในการวิเคราะห์ ANSYS CFX เป็นโปรแกรมใช้การวิเคราะห์ทางด้านพลศาสตร์ของไหล (fluid dynamics) เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของของไหล

การสร้างแบบจำลอง 2 มิติเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวี

3.1 การกำหนดเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวี

1) สร้างแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์การกระจายตัวของสารยึดติด

2) ใช้เอลิเมนต์แบบ 2 มิติ สมมาตร รอบแกนหมุนในการวิเคราะห์

3) ใช้เอลิเมนต์เป็นแบบสี่เหลี่ยม (Rectangular)

4) ใช้ปริมาณสารยึดติด 7 มิลลิกรัม

5) หัวฉีดสารยึดติดมีพิกัดจากจุดอ้างอิง (0.1, 0.3) มิลลิเมตร

6) สมบัติทางกายภาพของกาวยูวีที่จะทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความหนืด และค่าความถ่วงจำเพาะ

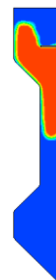
7) อุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ คัดที่อุณหภูมิห้อง

8) เงื่อนไขขอบเขต กาวยึดติดกับผิวข้างอย่างสมบูรณ์เต็มพื้นที่เมื่อกาวแข็งตัวแล้ว

3.2 ผลวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวี

ผลวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลเบื้องต้นของกาวยูวี ทำให้ทราบถึงลักษณะของกาวยูวีที่กระจายตัวและตำแหน่งการยึดติดที่อยู่บนพื้นผิวระหว่างแบร์ริงและแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของกาวยูวี โดยใช้แบบจำลองไฟไนต์เอลูเมนต์ในการคำนวณ ซึ่งผลของการกระจายตัวของกาวยูวีและตำแหน่งการยึดติดในรูปแบบ 2 มิติ จะแสดงในภาพที่ 4 แสดงลักษณะการยึดติดของกาวยูวีที่อยู่บนพื้นผิว

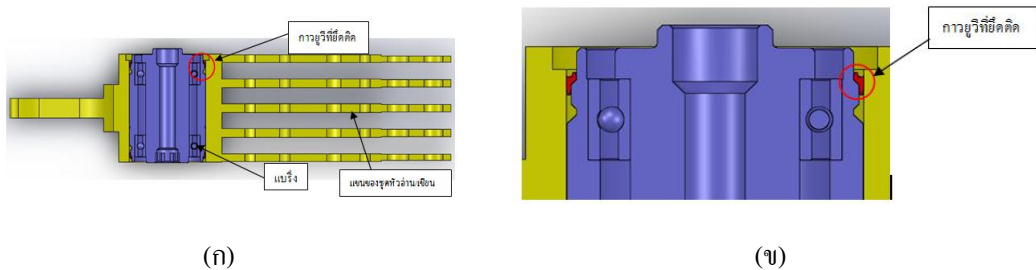
ระหว่างแบร์ริงและแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน ที่ความหนืด 20,000 cps และความถ่วงจำเพาะ 1.17



ภาพที่ 4 ลักษณะการยึดติดของกาวยูวีที่อยู่บนพื้นผิวระหว่างแบร์ริงและแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน ที่ความหนืด 20,000 cps และความถ่วงจำเพาะ 1.17

4. การสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติ

เมื่อทำการสร้างแบบจำลอง 2 มิติ แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของลักษณะและตำแหน่งยึดติดของกาวยูวี โดยใช้โปรแกรม SolidWorks แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 (ก) แบบจำลอง 3 มิติของลักษณะและตำแหน่งยึดติดของกาวยูวี
(ข) ภาพขยายแบบจำลอง 3 มิติของลักษณะตำแหน่งยึดติดของกาวยูวี

ในการสร้างแบบจำลองที่นำมาวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติของแบบจำลองแกนของชุดหัวอ่าน/เขียน ที่ใช้กาวยูวีในการประกอบแทนที่จริง เพื่อศึกษาถึงโอกาสในการเสียหายของงานประกอบด้วยกาวยูวี และความแข็งแรงของกาวยูวี ซึ่งความถี่ธรรมชาตินี้ถือว่าเป็นปริมาณที่มีความสำคัญมาก ในการออกแบบความถี่ธรรมชาติและรูปร่างของโหมด (Mode Shape) ของการสั่นสะเทือนนั้นสามารถหาได้ด้วยวิธีการคำนวณโดยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ ทั้งนี้ได้กำหนดเงื่อนไขขอบเขต (Boundary conditions) ให้สอดคล้องกับลักษณะชิ้นงานจริงมากที่สุด โดยกระบวนการประกอบที่จริงโดยใช้กาวนั้น ในเริ่มต้นจะฉีดกาวเข้าไปในร่องของ HSA จากนั้นจะผ่านกระบวนการอบแสงยูวี หลังจากนั้นกาวจะแข็งตัว (Rigid)

4.1 การกำหนดเงื่อนไขและขอบเขตการวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติมีดังนี้

1) วิเคราะห์แบบชิ้นส่วนงานประกอบ (Assembly analysis)

2) เงื่อนไขเริ่มต้นและจุดรองรับของชิ้นงานที่วิเคราะห์นั้นไม่มีการเคลื่อนที่ กำหนดให้จุดรองรับถูกยึดติดกับพื้น (Fixed)

3) การจำลองใช้การวิเคราะห์แบบการเคลื่อนที่ของวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) โดยกำหนดเงื่อนไขผิวสัมผัสระหว่างชิ้นงานเป็นเนื้อเดียวกัน (Rigid join bodies together) ดังนี้

- ผิวของเพลา (Shaft) และแหวนรองลูกบอลด้านใน (Inner bearing race)
- ผิวของปลอกครอบแบริ่ง (sleeve) และแหวนรองลูกบอลด้านนอก (Outer bearing race)

4) การจำลองชิ้นงานต่างๆ จะวิเคราะห์โดยใช้เอลิเมนต์แบบเป็นของแข็ง (Solid element)

5) กำหนดให้กาวยูวีที่ถูกใส่เข้าไประหว่างปลอกครอบแบริ่งและแกนของหัวอ่าน/เขียน มีปริมาตรเต็มพื้นที่ช่องว่าง

6) กำหนดให้ไม่คิดแรงเสียดทานจากแบบจำลองของลูกบอลแบริ่ง

4.2 คุณสมบัติของกาวที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ Density = $1,170 \text{ kg/m}^3$ และ Viscosity = 25,000 cps และคุณสมบัติของวัสดุอื่นที่นำมาวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ในการทำนายค่าถึธรรมชาติที่เกิดขึ้นของแบบจำลองแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน

ลำดับ	ชื่อ	Density [kg/m ³]	Volume [mm ³]	Mass(piece) [mg]	Piece	Total mass [mg]
1	แอกทรูเอเตอร์อาร์ม	2.70×10^3	3500.70	9.46×10^3	1	9.46×10^3
2	สาร์ยิตติด้านบน	1.17×10^3	5.98	7.00	1	7.00
3	สาร์ยิตติด้านล่าง	1.17×10^3	5.98	7.00	1	7.00
4	ลูกบอล	7.81×10^3	0.52	4.09	26	1.06×10^2
5	แกนกลางหรือเพลลา	8.00×10^3	440.24	3.52×10^3	1	3.52×10^3
6	ปลอกสวมแบร์ริง	8.00×10^3	440.90	3.53×10^3	1	3.53×10^3
7	แหวนรองลูกปืนด้านใน	7.47×10^3	27.72	2.07×10^2	2	4.14×10^2
8	แหวนรองลูกปืนด้านนอก	7.47×10^3	39.17	2.93×10^2	2	5.85×10^2
รวมทั้งหมด						1.76×10^4

ตารางที่ 3 สมบัติเชิงกลของวัสดุที่ใช้ในการทำนายค่าความถึธรรมชาติที่เกิดขึ้นของแบบจำลองแขนของชุดหัวอ่าน/เขียน

ลำดับ	ชื่อ	Tensile strength (MPa)	Passion ratio	Modulus of Elasticity (MPa)
1	แอกทรูเอเตอร์อาร์ม	310.00	0.33	68,900.00
2	สาร์ยิตติด้านบน	48.95	0.30	3,447.38
3	สาร์ยิตติด้านล่าง	48.95	0.30	3,447.38
4	ลูกบอล	2,240.00	0.30	203,300.00
5	แกนกลางหรือเพลลา	620.00	0.25	193,000.00
6	ปลอกสวมแบร์ริง	620.00	0.25	193,000.00
7	แหวนรองลูกปืนด้านใน	469.00	0.30	200,000.00
8	แหวนรองลูกปืนด้านนอก	469.00	0.30	200,000.00

ผลการวิจัย

ผลของการศึกษาของการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของความถี่ธรรมชาติกับสมบัติของกาวยูวีใน Pivot Bearing โดยมีการปรับเปลี่ยนสมบัติทางกายภาพของกาวยูวี ได้แก่ ค่าความหนืด และค่าความถี่จำเพาะ จากการวิเคราะห์แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ รายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

เมื่อทำการวิเคราะห์แบบจำลองด้วย FE โดยการเปลี่ยนแปลงความหนืด ($U = 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000$ และ $60,000$) และค่าความถี่จำเพาะ ($SG = 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16$ และ 1.17) จะได้ค่าความถี่ธรรมชาติ 6 โหมดแรกของค่าความถี่ทั้งหมด 6 ค่ามีค่าใกล้เคียงกันเมื่อเปลี่ยนค่าความถี่จำเพาะ ตารางที่ 4 แสดงค่าความถี่ธรรมชาติสำหรับความหนืด ($U = 20,000$ cps และค่าความถี่จำเพาะ ($SG = 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16$ และ 1.17 และตารางที่ 5 แสดงค่าความถี่

ธรรมชาติสำหรับค่าความถี่จำเพาะ ($SG = 1.12$ และค่าความหนืด ($U = 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000$ และ $60,000$ cps จะพบว่า ทั้งความถี่และค่าความถี่จำเพาะไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดที่ 1 ถึง 5 ซึ่งในโหมดที่ 1 ถึง 5 เป็น Bending Mode แต่ในโหมดที่ 6 จะพบว่า ค่าความถี่ธรรมชาติมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่มากกว่าความแตกต่างในโหมดที่ 1 ถึง 5 และรูปร่างโหมดในโหมดที่ 6 คือ Sway Mode ดังนั้นจึงจะหาความสัมพันธ์ของความถี่ธรรมชาติที่มีเปลี่ยนแปลงค่าความถี่และค่าความถี่จำเพาะในโหมดที่ 6 เท่านั้น เพราะมีค่าความแตกต่างของความถี่ธรรมชาติมากกว่าโหมดอื่นๆ โดยคำนวณหาความสัมพันธ์ของความถี่ธรรมชาติ กับความถี่และค่าความถี่จำเพาะ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ regression จะได้สมการความสัมพันธ์ในรูป Polynomial of degree n ดังแสดงในสมการที่ 1

$$f(x, y) = 4342 + (-1.176 * 10^{-5})x + 36.81y \quad (1)$$

โดยที่ $f(x, y)$ = ค่าความถี่ธรรมชาติ (f) มีหน่วย Hz

x = ค่าความหนืด (U) มีหน่วย cps (centipoises)

y = ค่าความถี่จำเพาะ (SG)

ตารางที่ 4 ค่าความถี่ธรรมชาติที่หาได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ ($U = 20,000$ cps และค่าความถี่จำเพาะ ($SG = 1.12, 1.13, 1.14, 1.15, 1.16$ และ 1.17

Mode	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz) เมื่อ $U = 20,000$ cps					
	$SG = 1.12$	$SG = 1.13$	$SG = 1.14$	$SG = 1.15$	$SG = 1.16$	$SG = 1.17$
1st Mode	1312.5	1312.5	1312.5	1312.5	1312.5	1312.5
2nd Mode	1314.7	1314.7	1314.7	1314.7	1314.7	1314.7
3rd Mode	1474.8	1474.8	1474.8	1474.8	1474.8	1474.8
4th Mode	1475.7	1475.7	1475.7	1475.7	1475.8	1475.8
5th Mode	1480.2	1480.2	1480.2	1480.2	1480.2	1480.2
6th Mode	4383	4382.3	4383.4	4381.8	4383.7	4389.7

ตารางที่ 5 ค่าความถี่ธรรมชาติสำหรับความถ่วงจำเพาะ (SG) = 1.12 และความหนืด (ν) = 10,000, 20,000, 30,000, 40,000, 50,000 และ 60,000 cps

Mode	ค่าความถี่ธรรมชาติ (Hz) เมื่อ $SG=1.12$					
	$\nu = 10,000$	$\nu = 20,000$	$\nu = 30,000$	$\nu = 40,000$	$\nu = 50,000$	$\nu = 60,000$
1st Mode	1312.5	1312.5	1312.5	1312.5	1312.5	1312.5
2nd Mode	1314.7	1314.7	1314.7	1314.7	1314.7	1314.7
3rd Mode	1474.8	1474.8	1474.8	1474.8	1474.8	1474.8
4th Mode	1475.7	1475.7	1475.8	1475.7	1475.8	1475.7
5th Mode	1480.2	1480.2	1480.2	1480.2	1480.2	1480.2
6th Mode	4383	4383	4383.9	4380.9	4383.2	4382

รูปร่าง Mode Shape ของหัวอ่าน/เขียน 6 โหมดแรกแสดงในตารางที่ 6 เมื่อค่าความหนืด (ν) = 20,000 cps และ ค่าความถ่วงจำเพาะ (SG) = 1.17 จะพบว่า 5 โหมดแรกเป็น Bending Mode และ โหมดที่ 6 เป็น Sway Mode

Bending Mode คือ โหมดที่มีการสั่นแบบดัดในแนวแกน Z

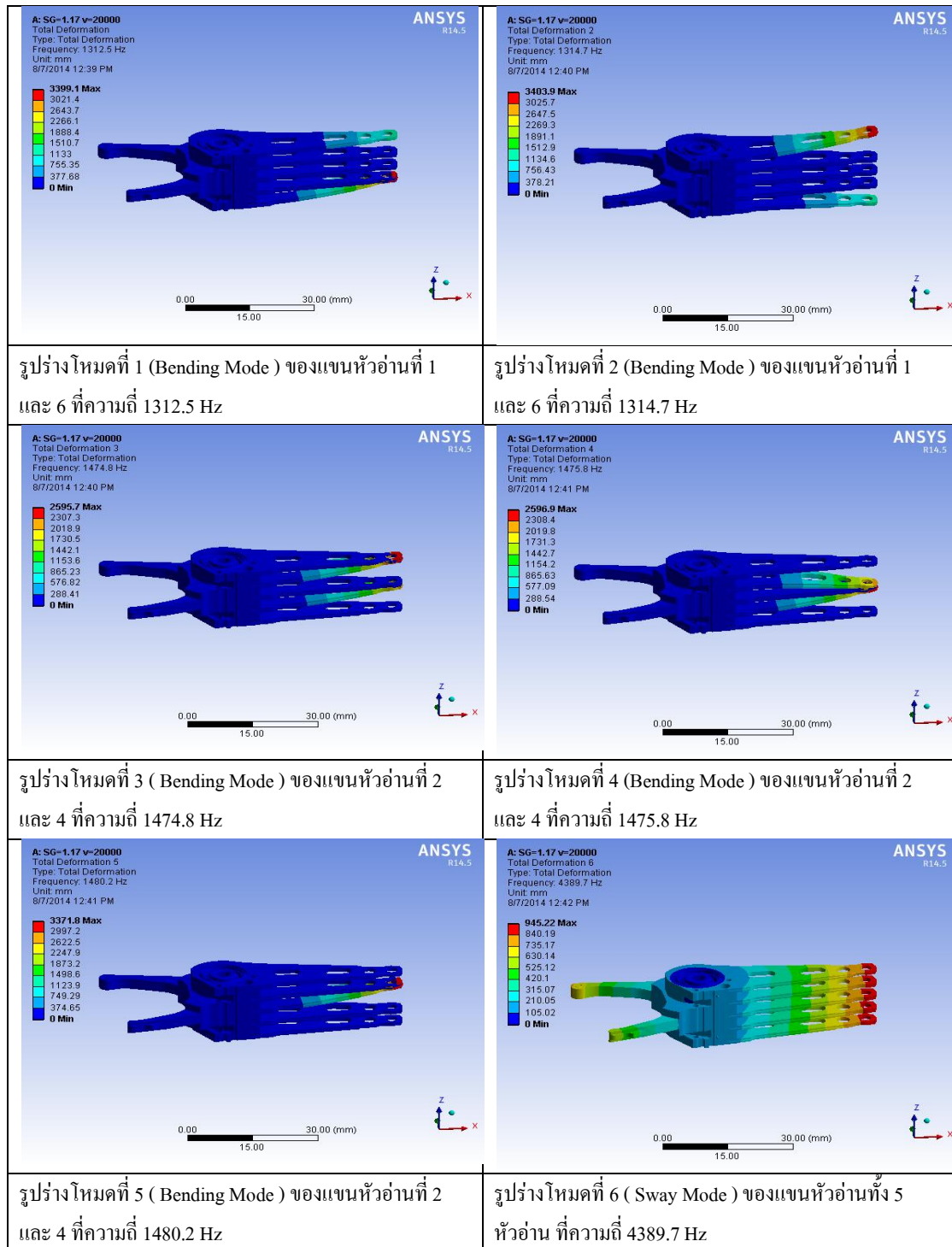
Sway Mode คือ โหมดที่มีการสั่นในระนาบ X-Y

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากค่าความถี่ธรรมชาติจำนวน 6 โหมดของแต่ละแบบจำลอง โดยค่าความถี่โหมดที่ 1 ถึง โหมดที่ 5 ของทุกแบบจำลองมีรูปร่างโหมดเป็น Bending Mode คือ โหมดที่มีการสั่นแบบดัดในแนวแกน Z โดยมีความถี่อยู่ในช่วง 1312.5–1480.2 Hz และโหมดที่ 6 รูปร่างโหมดเป็น Sway Mode คือ โหมดที่มีการสั่นในระนาบ X-Y โดยมีความถี่อยู่ในช่วง 4380.9–4389.7 Hz จากการเปลี่ยนค่าความหนืดและค่าความถ่วงจำเพาะพบว่า ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่าความถี่ธรรมชาติ

ในโหมดที่ 1 ถึง โหมดที่ 5 แต่ในโหมดที่ 6 จะพบว่า ค่าความถี่ธรรมชาติมีความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่มากกว่าความแตกต่างในโหมดที่ 1 ถึงโหมดที่ 5 ดังนั้นจึงจะหาความสัมพันธ์ของความถี่ธรรมชาติที่มีเปลี่ยนแปลง ค่าความหนืดและค่าความถ่วงจำเพาะ ในโหมดที่ 6 เท่านั้น เพราะมีค่าความแตกต่างของความถี่ธรรมชาติมากกว่าโหมดอื่นๆ จากนั้นหาความสัมพันธ์หาของความถี่ธรรมชาติกับสมบัติของกาวยูวี ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นสมการพหุนามกำลัง 1

ตารางที่ 6 แสดงรูปร่าง Mode Shape ของหัวอ่าน/เขียน 6 โหมดแรก โดยเฉดสีแสดงถึง Total deformation ของ HSA



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก “โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC)” โดย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และบริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลในการวิจัย และศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (I/U CRC) และ หน่วยออกแบบเชิงกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

1. Thailand Trading Report [Internet]. 2014. Retrieved July, 2014, from <http://www2.ops3.moc.go.th>
2. Morena JJ. Advanced Composite Mold Making. New York: Van Norstand Reinhold. Co.Inc; 1988.
3. Fujii Y, Shu DW. Impact force measurement of an actuator of a hard disk drive. International journal of impact engineering. 2008; 35(2): 98–108.
4. Tatewaki M, Tsuda N, Maruyama T. An analysis of disk flutter in hard disk drives in an aerodynamic simulation. IEEE Transactions on magnetic. 2001; 37: 842–846.
5. Phonpai T, Jearsipongkul T. Vibration analysis of Actuator Arm in HDD using FEM and identification using LDV. Journal of KKU Engineering. 2007; 34(4), 477–488. Thai.
6. Kamnerdtong T, Chutima S, Prarirakwijitr J. The Study of HGA Deformations Post Clamping Using Finite Element Analysis. Proceedings of the 21th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand; 2007 Oct 17–19; Chon Buri, Thailand.
7. Pontheep V. Mathematical Modeling for bearing torque analysis and design [PhD thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2013. Thai.
8. Payhapoh S, Thongkitsiri S. Effect of epoxy on HGA process. Khon Kaen: Khon Kaen University (TH); 2007 Mar. 65 p. Report No.: ChE 2007–05.