

การใช้ไฟไนต์เอลิเมนต์วิเคราะห์ผลของสนับเบอร์
บนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ภายใต้ผลกระทบของแรงกระแทกขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงาน
Finite Element Analysis of the Snubber on Base Plate
Contact Disk under the Influence of Non-Operation Shock in Hard Disk Drive

เจษฎา ตรีธารทิพย์กุล¹, รัตนสิทธิ์ ใจศีล², สุริยา สุภา² และ กิรติ สุลักษณ์^{1*}

¹ สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา 30000

² บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด 90 หมู่ 15 ถ. มิตรภาพ อ. สูงเนิน จ. นครราชสีมา 30170

*ติดต่อ: Keerati@sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0-4422-4235, เบอร์โทรสาร: 0-4422-4613

บทคัดย่อ

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลที่มีความสำคัญในเครื่องคอมพิวเตอร์ การป้องกันแผ่นดิสก์จากแรงกระแทกจึงมีความสำคัญที่ต้องพิจารณาเพื่อนำไปสู่การป้องกันข้อมูลให้มีความปลอดภัย งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการติดตั้งสนับเบอร์ (Snubber) บนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Base plate) ขนาด 3.5 นิ้ว เพื่อป้องกันความเสียหายของข้อมูลบนแผ่นดิสก์ภายใต้ผลกระทบของแรงกระแทกขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงาน วิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกใช้เพื่อจำลองพฤติกรรมของผลดังกล่าวใน 2 กรณี คือ 1) ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ไม่มีสนับเบอร์ และ 2) ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีสนับเบอร์ และทำการเปรียบเทียบผลที่ได้กับการทดลองจริง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์พบว่าสนับเบอร์ช่วยป้องกันการกระแทกระหว่างส่วนที่จัดเก็บข้อมูลบนแผ่นดิสก์กับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขณะที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงานได้ จึงเป็นการช่วยปกป้องความเสียหายของข้อมูล

คำหลัก: ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์, แรงกระแทกขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงาน, สนับเบอร์, ฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Abstract

The Hard disk drive (HDD) is an important device for data storage in the computer. The protection of HDD from the shock conditions is necessary to consider for prevent the data damage and the shock response of the HDD is a serious design consideration. This research examines the effects of the installation of the snubber on the 3.5 in-HDD base plate to protect the data damage of disk from non-operation shock. The finite element model of the HDD was developed to investigate the response of a HDD to linear drop. The simulations are performed for both with the snubber and without the snubber on HDD models. Numerical simulation result and experimental result are compared and presented. The results show the snubber can protect the data zone on disk contact the base plate under the influence of non-operation shock.

Keywords: Hard disk drive, Non-operation shock, Snubber, Base plate hard disk drive.

1. บทนำ

แรงกระแทกและการสั่นสะเทือนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยากสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่อยู่ในรูปแบบของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ เช่น ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์แบบพกพา (External hard disk drive), คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Laptop), กล้องวิดีโอ (Digital video camera) เป็นต้น

ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญและมีความจำเป็นต่อผู้บริโภคที่อยู่ในยุคแห่งเทคโนโลยี ดังนั้นการศึกษาลักษณะของส่วนประกอบภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เมื่อได้รับแรงกระแทกจึงเป็นเรื่องที่สำคัญทั้งนี้เพื่อนำไปสู่การคิดค้นวิธีการป้องกันและการออกแบบ

ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้สามารถทนต่อแรงกระแทกได้ดีขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของแรงกระแทกขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงานและขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ทำงาน ซึ่งใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว [1,2] และงานวิจัยที่ใช้ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 2.5 นิ้ว [3] โดยศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองของหัวบันทึกข้อมูลกับแผ่นดิสก์เพื่อป้องกันไม่ให้หัวบันทึกข้อมูลเกิดความเสียหายและข้อมูลบนแผ่นดิสก์ไม่ถูกทำลาย และมีงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลกระทบของการสั่นของแผ่นดิสก์จากแรงกระแทกที่มีต่อหัวบันทึกข้อมูล [4] เพื่อช่วยป้องกันไม่ให้หัวบันทึกข้อมูลกระทบกับแผ่นดิสก์ มีผลทำให้ข้อมูลเกิดความเสียหายเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ทำการศึกษเกี่ยวกับตัวแปรที่ส่งผลให้แผ่นดิสก์เกิดความเสียหายเมื่อได้รับแรงกระแทก [5] เพื่อนำไปสู่แนวทางในการออกแบบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ จากการทบทวนผลงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดทำการศึกษถึงผลของการติดตั้งสแน็บเบอร์มาก่อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงถือเป็นแนวทางที่สามารถนำไปประยุกต์เข้ากับการออกแบบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้สามารถทนต่อแรงกระแทกได้

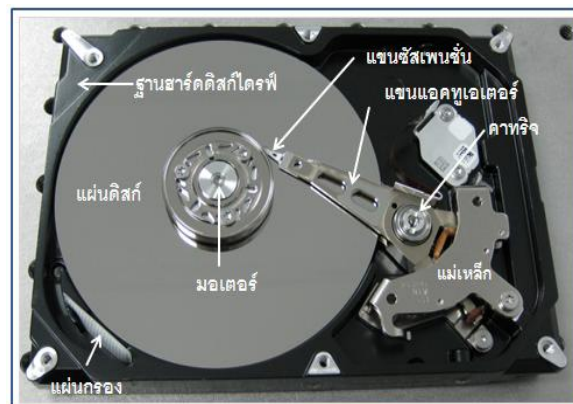
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของสแน็บเบอร์บนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว ภายใต้ผลกระทบของแรงกระแทกขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงาน โดยลักษณะของแรงกระแทกดังกล่าวเป็นการปล่อยตกแบบเชิงเส้น (Linear drop) ในทิศทางแนวดิ่ง ซึ่งลักษณะของแรงกระทำดังกล่าวสามารถทำให้แผ่นดิสก์กระทบกับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นสาเหตุให้ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่บนแผ่นดิสก์เกิดความเสียหายได้

2. วิธีวิจัย

การวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การใช้โปรแกรมทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยได้นำ ANSYS Workbench เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ปัญหาทางด้านโครงสร้างได้ดี พร้อมทั้งมีส่วนช่วยลดเวลาและต้นทุนในการทดสอบ และ 2. การทดลองจริงเพื่อยืนยันผลของไฟไนต์เอลิเมนต์

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ใช้ในการศึกษาสำหรับงานวิจัยนี้เป็นฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขนาด 3.5 นิ้ว มี 2 หัวบันทึกข้อมูลและ 1 แผ่นดิสก์ โดยแผ่นดิสก์จะถูกประกอบเข้ากับแกนของมอเตอร์ที่อยู่ติดกับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยบริเวณขอบด้านนอกของแผ่นดิสก์จะถูกปล่อย

เป็นอิสระ ดังนั้นลักษณะการประกอบแผ่นดิสก์เข้ากับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงเปรียบเสมือนคานที่ถูกยึดไว้ด้านหนึ่งและปล่อยให้ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นอิสระ



รูปที่ 1 โครงสร้างส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

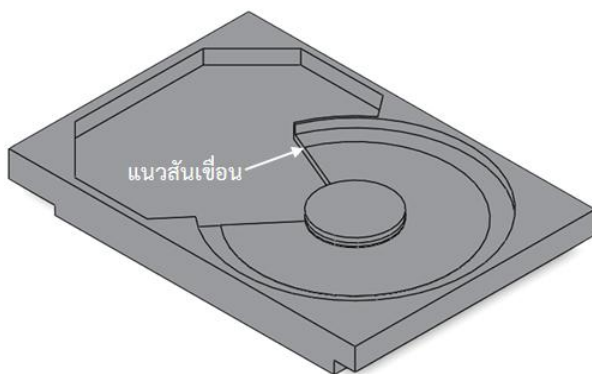
ในการออกแบบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นชิ้นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการอ่าน/เขียนของหัวบันทึกข้อมูลเนื่องจากหัวบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จะต้องใช้แรงลมในการพองและทรงตัวให้อยู่เหนือพื้นผิวของแผ่นดิสก์ในระยะที่เหมาะสม ดังนั้นฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงต้องทำการออกแบบให้มีการกระจายแรงลมได้ดี เพื่อให้การกระจายของแรงลมเป็นไปอย่างเหมาะสมนั้น ฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์จึงถูกออกแบบให้เป็นแนวสันเขื่อนดังแสดงในรูปที่ 2(ก) เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดทิศทางของลมและแนวสันเขื่อนนี้เองที่เป็นจุดก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเสียหายของข้อมูลเมื่อฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้รับแรงกระแทกจากภายนอก

แรงกระแทกที่นำมาใช้ในการวิจัยนี้ คือการปล่อยตกแบบเชิงเส้นในทิศทางแนวดิ่ง และกำหนดให้ฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์วางตัวในแนวขนานกับพื้นผิวที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตกกระทบ โดยศึกษาระยะตกกระทบที่ 4 ระดับ คือ 5, 10, 15 และ 20 เซนติเมตรด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ($9.81 \text{ เมตร/วินาที}^2$) จากนั้นทำการพิจารณาว่าเกิดการกระแทกระหว่างส่วนที่จัดเก็บข้อมูลบนแผ่นดิสก์กับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์หรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความเสียหายของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เนื่องจากพื้นผิวของแผ่นดิสก์ชั้นบนสุดเป็นชั้นฟิล์มที่มีความบอบบาง เมื่อรับแรงกระแทกจะเกิดป็นรอยแผล (Defects) ได้ง่าย

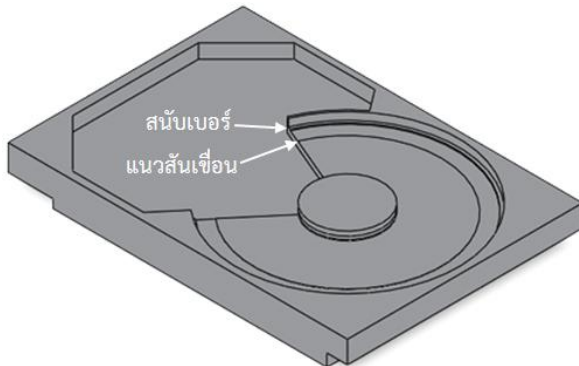
ลักษณะของแรงกระแทกดังกล่าวจัดอยู่ในระดับความรุนแรงที่เกินกว่าระดับเกณฑ์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามที่ผู้ผลิตได้ออกแบบไว้ ทั้งนี้เพื่อให้สถานการณ์การ

จำลองเสมือนเหตุสุดวิสัยที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการใช้งานจริงของผู้บริโภค และต้องการชี้ให้เห็นว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีการติดตั้งสแน็บเบอร์มีความเสี่ยงต่อความเสียหายของข้อมูลน้อยกว่าฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ไม่มีการติดตั้งสแน็บเบอร์อันเนื่องมาจากการกระแทกของแรงภายนอก

ลักษณะของสแน็บเบอร์ที่ทำการติดตั้งบนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์คือ การเพิ่มพื้นที่ของฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ให้สูงขึ้นในตำแหน่งที่ตรงกับขอบด้านนอกสุดของแผ่นดิสก์ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2(ข)



(ก)



(ข)

รูปที่ 2 (ก) แนวสันเขื่อนบนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

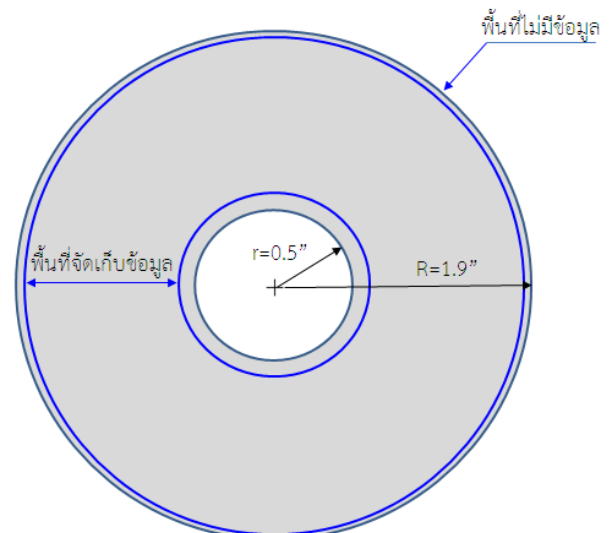
(ข) สแน็บเบอร์ที่ถูกติดตั้งบนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.1 การใช้โปรแกรมทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ ANSYS Workbench

การวิเคราะห์พฤติกรรมของแผ่นดิสก์เมื่อทำการทดสอบการปล่อยตกด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เนื่องจากการวิเคราะห์การทดสอบการปล่อยตกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นปัญหาเกี่ยวกับการตกกระแทก (Drop) และการชนกัน (Crash) จึงใช้การวิเคราะห์ปัญหาแบบ Explicit Dynamic Analysis เพราะมี

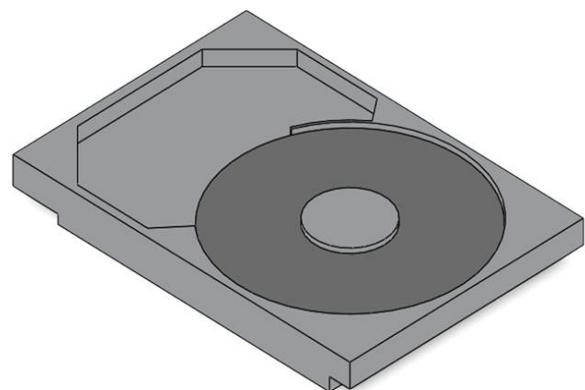
ความสามารถในการคำนวณแม่นยำ ลดเวลาการคำนวณ ปัญหาขนาดใหญ่และสามารถกำหนดผิวสัมผัส (Contact surface) ได้สะดวก ซึ่งการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในขั้นตอนแรกจะเป็นขั้นตอนการสร้างชิ้นงานต่างๆเป็น 3 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 4 แล้วแบ่งชิ้นงานออกเป็นชิ้นเล็กๆ (Meshing) โดยมีรูปทรงง่ายๆที่เรียกว่า เอลิเมนต์ (Elements) และชิ้นส่วนเล็กๆจะต้องเชื่อมโยงกันทั้งชิ้น

สำหรับชนิดของเอลิเมนต์ที่ใช้เป็นเอลิเมนต์แบบทรงสี่เหลี่ยม (Hex dominant) และกรณีศึกษาที่กำหนดให้พื้นผิวที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ตกกระทบเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigid body) โดยพิจารณาให้พื้นผิวมีความแข็งแรงมาก เมื่อเทียบกับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์บางส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจะถูกตัดออกเพื่อประหยัดเวลาและทรัพยากรคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์



ความหนาของแผ่นดิสก์ = 0.05"

รูปที่ 3 โครงสร้างส่วนที่ใช้และไม่ใช้บันทึกข้อมูลของแผ่นดิสก์



รูปที่ 4 แบบจำลอง 3 มิติของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

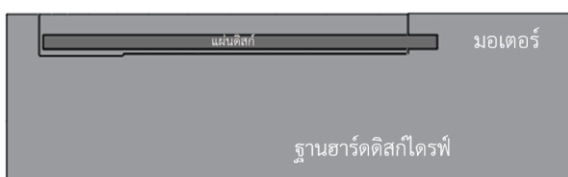
การกำหนดคุณสมบัติโครงสร้างของวัสดุแต่ละ
ชิ้นส่วนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดวัสดุและคุณสมบัติของแต่ละ
ชิ้นส่วน

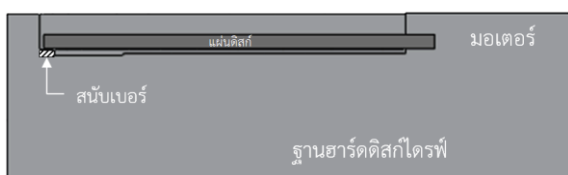
ชิ้นส่วน	วัสดุ	Modulus of elasticity (GPa)	Tensile Yield strength (MPa)	Density (kg/m ³)	Poisson's ratio
แผ่นดิสก์	Aluminum Alloy	72	200	2700	0.33
ฐาน ฮาร์ดดิสก์ ไดรฟ์	Aluminum 380A	71	160	2710	0.33

หมายเหตุ กำหนดให้พื้นผิวที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กระทบเป็น
วัสดุแข็งเกร็ง

เพื่อเปรียบเทียบผลของการติดตั้งกับไม่ติดตั้งสนับ
เบอร์บนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังแสดงในรูปที่ 5 ทั้งนี้เพื่อ
ช่วยป้องกันความเสียหายของข้อมูลบนแผ่นดิสก์ภายใต้
ผลกระทบของแรงกระแทกขณะฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงาน
ขั้นตอนแรก ทำการจำลองโดยการปล่อยให้ฮาร์ดดิสก์
ไดรฟ์ชนิดไม่มีสนับเบอร์ตกจากที่ระยะความสูง 5, 10,
15 และ 20 เซนติเมตรด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แล้วทำ
การทดลองเช่นเดียวกันนี้กับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดมีสนับ
เบอร์ จากนั้นทำการพิจารณาระยะการโก่งตัวของ
แผ่นดิสก์ว่าเกิดการสัมผัสกับพื้นผิวของฐานฮาร์ดดิสก์
ไดรฟ์หรือไม่



(ก)



(ข)

รูปที่ 5 ภาพตัดขวางของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
(ก) ไม่มีสนับเบอร์ และ (ข) มีสนับเบอร์

2.2 การทดลองจริงเพื่อยืนยันผลของไฟไนต์เอลิเมนต์

กระบวนการทดลองจริงเพื่อยืนยันผลของไฟไนต์เอลิ
เมนต์โดยการปล่อยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสนับเบอร์
และฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดมีสนับเบอร์ตกจากที่ระยะความ
สูง 5, 10, 15 และ 20 เซนติเมตร ด้วยแรงโน้มถ่วงของ
โลกสู่พื้น จากนั้นทำการตรวจสอบความเสียหายของ
ข้อมูลที่เกิดขึ้นบนแผ่นดิสก์โดยใช้เครื่องมือในการ
ตรวจสอบ คือ เครื่อง Optical Surface Analyzer ดัง
แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งใช้เลเซอร์ (Laser) ทำหน้าที่ในการ
ตรวจจับและทำการประมวลผลเป็นภาพออกทางหน้า
จอคอมพิวเตอร์ จากนั้นเพื่อเป็นการยืนยันความเสียหาย
ที่เกิดขึ้นบนแผ่นดิสก์ จึงต้องนำแผ่นดิสก์ไปส่องใต้กล้อง
จุลทรรศน์เพื่อดูลักษณะรูปร่างของรอยแผลที่เกิดขึ้น



รูปที่ 6 เครื่อง Optical Surface Analyzer

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

3.1 ผลการใช้โปรแกรมทางด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ ANSYS Workbench

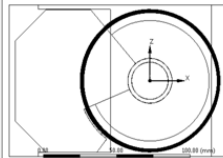
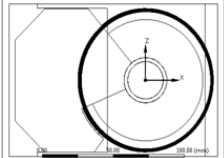
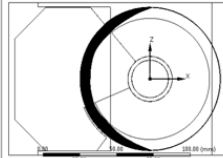
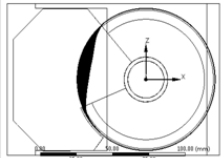
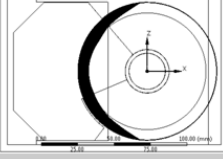
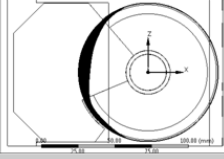
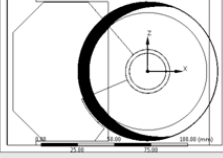
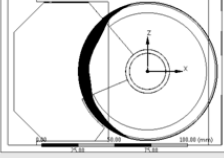
จากการทดสอบการปล่อยตกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์
ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ของการวิจัยนี้ ซึ่ง
ทำการศึกษาลักษณะของฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ส่งผล
กระทบต่อความเสียหายของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดย
การทดสอบการปล่อยตกฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสนับ
เบอร์และฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดมีสนับเบอร์พบว่า

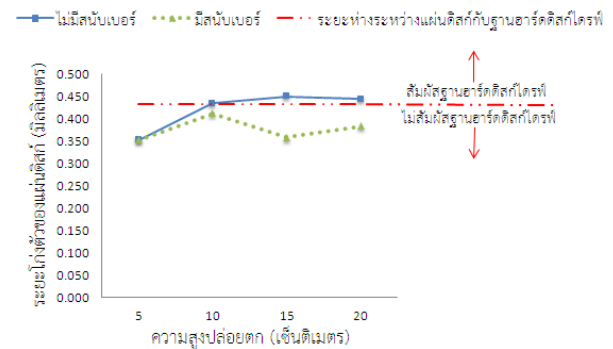
การปล่อยตกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสนับเบอร์
ที่ระยะความสูง 5 เซนติเมตร ไม่พบความเสียหายใดๆบน
แผ่นดิสก์ สำหรับระยะความสูง 10, 15 และ 20
เซนติเมตร ส่งผลให้พื้นผิวของแผ่นดิสก์บริเวณที่มีการ
จัดเก็บข้อมูลเกิดการโก่งตัวเกินกว่าค่าระยะความห่าง

ระหว่างพื้นผิวของแผ่นดิสก์กับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (มีค่าเกินกว่า 0.432 มิลลิเมตร) ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งพฤติกรรมการโก่งตัวของแผ่นดิสก์ดังกล่าวจะทำให้พื้นผิวของแผ่นดิสก์บริเวณที่มีการจัดเก็บข้อมูลสัมผัสกับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และก่อให้เกิดความเสียหายของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ดังแสดงในตารางที่ 2

การปล่อยตกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดมีสแน็บเบอร์ ผลการจำลองที่ระยะความสูง 5 เซนติเมตร ไม่พบความเสียหายใดๆบนแผ่นดิสก์ สำหรับที่ระยะความสูง 10, 15 และ 20 เซนติเมตร พบว่าพฤติกรรมการโก่งตัวของแผ่นดิสก์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสแน็บเบอร์ เนื่องจากสแน็บเบอร์ช่วยจำกัดระยะการโก่งตัวของแผ่นดิสก์บริเวณที่มีการจัดเก็บข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 7 ทำให้พื้นผิวของแผ่นดิสก์บริเวณที่มีการจัดเก็บข้อมูลไม่สัมผัสกับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งสามารถช่วยป้องกันความเสียหายของข้อมูลได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสแน็บเบอร์และชนิดมีสแน็บเบอร์

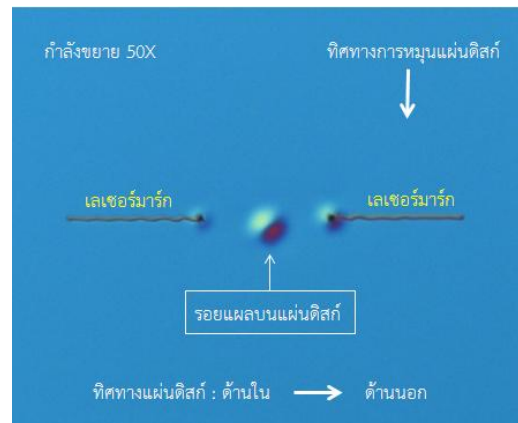
ระยะการปล่อยตก	ไม่มีสแน็บเบอร์	มีสแน็บเบอร์
5 เซนติเมตร		
10 เซนติเมตร		
15 เซนติเมตร		
20 เซนติเมตร		



รูปที่ 7 แผนภาพระยะการโก่งตัวของแผ่นดิสก์

3.2 ผลการทดลองจริงเพื่อยืนยันผลของไฟไนต์เอลิเมนต์

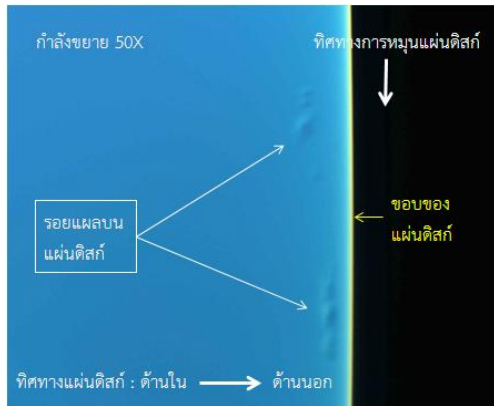
ผลการทดลองจริงเมื่อปล่อยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสแน็บเบอร์ตกจากที่สูงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกสู่พื้น จากนั้นทำการตรวจสอบความเสียหายของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นบนแผ่นดิสก์โดยใช้เครื่อง Optical Surface Analyzer และกล้องจุลทรรศน์พบว่า ระยะความสูงที่ก่อให้เกิดความเสียหายของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้คือ ระยะความสูง 10, 15 และ 20 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 8 สำหรับที่ระยะความสูง 5 เซนติเมตร ไม่พบความเสียหายใดๆบนแผ่นดิสก์ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์



รูปที่ 8 บริเวณข้อมูลที่เกิดการสัมผัสกับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 50x)

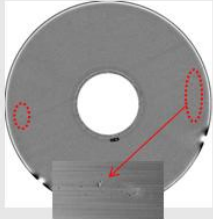
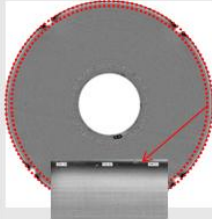
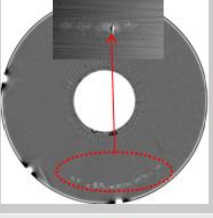
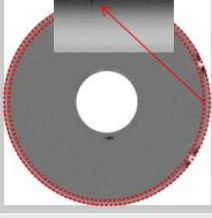
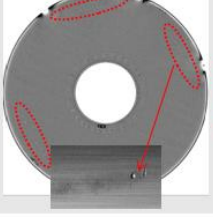
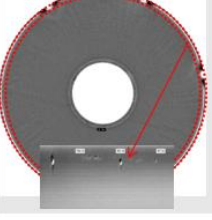
ผลการทดลองจริงเมื่อปล่อยฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดมีสแน็บเบอร์ตกจากที่สูงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกสู่พื้น จากนั้นทำการตรวจสอบความเสียหายของข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นบนแผ่นดิสก์โดยใช้เครื่อง Optical Surface Analyzer และกล้องจุลทรรศน์พบว่า การปล่อยตกของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่ระยะความสูง 10, 15 และ 20 เซนติเมตร ไม่พบความเสียหายของข้อมูล แต่พบว่าเกิด

การสัมผัสกันระหว่างบริเวณขอบด้านนอกสุดของแผ่นดิสก์ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลกับสแน็บเบอร์ ดังแสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 9



รูปที่ 9 บริเวณขอบด้านนอกสุดของแผ่นดิสก์ที่ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลเกิดการสัมผัสกับสแน็บเบอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 50x)

ตารางที่ 3 ผลการทดลองจริงของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ชนิดไม่มีสแน็บเบอร์และชนิดมีสแน็บเบอร์ ภายใต้การประมวลผลของเครื่อง Optical Surface Analyzer

ระยะการปล่อยตก	ไม่มีสแน็บเบอร์	มีสแน็บเบอร์
5 เซนติเมตร	ไม่เกิดความเสียหายใดๆของข้อมูลบนแผ่นดิสก์	ไม่เกิดความเสียหายใดๆของข้อมูลบนแผ่นดิสก์
10 เซนติเมตร		
15 เซนติเมตร		
20 เซนติเมตร		

4. สรุป

แรงกระแทกส่งผลให้แผ่นดิสก์เกิดการโก่งตัว โดยพฤติกรรมดังกล่าวจะมีรูปแบบที่เหมือนกันไม่ว่าแรงกระแทกนั้นจะมีขนาดเท่าใด คือขนาดการโก่งตัวมากที่สุดพบที่บริเวณขอบด้านนอกสุดของแผ่นดิสก์และขนาดน้อยสุดพบที่บริเวณด้านในสุดของแผ่นดิสก์ ซึ่งเป็นส่วนที่ถูกยึดติดกับแกนของมอเตอร์ พฤติกรรมดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดความเสียหายของข้อมูลอันเนื่องมาจากการกระแทกระหว่างแผ่นดิสก์กับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เมื่อทำการติดตั้งสแน็บเบอร์บนฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ในตำแหน่งที่ตรงกับขอบด้านนอกสุดของแผ่นดิสก์ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีการจัดเก็บข้อมูลพบว่า สแน็บเบอร์ทำให้พฤติกรรมของแผ่นดิสก์เปลี่ยนแปลงไปโดยสแน็บเบอร์จะช่วยจำกัดระยะการโก่งตัวของแผ่นดิสก์ และจากการประมวลผลพบว่าสแน็บเบอร์สามารถช่วยป้องกันการกระแทกระหว่างส่วนที่จัดเก็บข้อมูลบนแผ่นดิสก์กับฐานฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ขณะที่ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ไม่ทำงานซึ่งเป็นการช่วยปกป้องความเสียหายของข้อมูลได้

5. ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ศึกษาความเสียหายของข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว จำนวน 1 แผ่นดิสก์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยศึกษาถึงพฤติกรรมของแผ่นดิสก์เมื่อได้รับแรงกระแทกในแนวตั้ง จึงสามารถนำผลการศึกษานี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นในการออกแบบและพัฒนาฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ได้ แต่ยังมีปัจจัยอื่นอีกหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระแทกที่น่าศึกษา เพื่อเพิ่มความทนทานของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ เช่น การปกป้องข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เมื่อได้รับแรงกระแทกเชิงมุม (Tilt drop) และการประยุกต์ใช้สแน็บเบอร์ในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่มีจำนวนแผ่นดิสก์มากกว่า 1 แผ่น เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC), บริษัท ซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนการวิจัย ข้อมูลและอุปกรณ์เครื่องมือ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] E.M. Jayson, J.M. Murphy and F.E. Talke (2002). Shock and Head Slap Simulations of Operational and Non-operational Hard Disk Drives, IEEE Trans. on Magn., vol. 38, No. 5, September 2002.
- [2] C.C. Lin (2002). Finite Element Analysis of a Computer Hard Disk Drive Under Shock, Journal of Mechanical Design, vol. 124, March 2002.
- [3] B. Gu, D.W. Shu, J. Lou and B.J. Shi (2006). FEA Simulation of Linear and Rotary Drop Test for Small Form Factor HDD, paper presented in the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, June 25-28, 2006, Luoyang, China.
- [4] J.R. Edwards (1999). Finite Element Analysis of the Shock Response and Head Slap Behavior of a Hard Disk Drive, IEEE Trans. on Magn., vol. 35, No. 2, March 1999.
- [5] J. Xu, I. Etsion, F.E. Talke (2009). Failure of Brittle and Ductile Hard Disks Due to High Shock Levels, Journal of Mechanical Design, vol. 131, November 2009.