

การวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นที่เกิดขึ้นบริเวณชุดจับยึดหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

STRESS DISTRIBUTION ANALYSIS ON HEAD GIMBAL ASSEMBLY USING FINITE ELEMENT METHOD

ภากรณ์ ทรัพย์เจริญ^{1*}, กนต์ธร ชำนิประศาสน์¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

*อีเมลล์ Phakorn_tui@hotmail.com

Phakorn Sabcharoen^{1*}, Kontorn Chamniprasart¹

¹ School of Mechanical Engineering, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology,

Nakhon Ratchasima, 30000, Thailand

* E-mail: Phakorn_tui@hotmail.com

บทคัดย่อ

ฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญชิ้นส่วนหนึ่งในคอมพิวเตอร์ มีหน้าที่ในการจัดเก็บและกู้ข้อมูล ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากอดีตจนถึงปัจจุบันทั้งในด้านความจุและความเร็วในการจัดเก็บข้อมูล และในการทำงานของฮาร์ดดิสก์นั้นจานฮาร์ดดิสก์ (Disk Platters) จะหมุนด้วยความเร็วประมาณ 5,400-15,00 รอบต่อนาที ซึ่งจะส่งผลให้เกิดแรงลมที่ผิวหน้าของจานฮาร์ดดิสก์ แรงลมดังกล่าวจะช่วยยกหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ (Read/Write Heads) ให้ลอยสูงขึ้นจากจานฮาร์ดดิสก์ เพื่อป้องกันไม่ให้อินทรีย์ส่วนทั้งสองเกิดการสัมผัสกัน โดยระยะยกดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับการออกแบบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ตามหลักอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics) และในขณะที่หัวอ่านยกตัวสูงขึ้นแรงยก (air bearing) จะก่อให้เกิดความเค้น (stress) บริเวณ suspension ที่ทำหน้าที่ยึดหัวอ่านเข้ากับกลไกที่ใช้ขับเคลื่อนหัวฮาร์ดดิสก์ (Head Actuator Mechanism) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาการกระจายตัวของความเค้น (stress distribution) ที่เกิดขึ้นบริเวณ suspension และองศาที่เหมาะสมของ Suspension ที่จะทำได้ค่า gram load ตามต้องการ โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) การวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถเป็นแนวทางช่วยในการออกแบบและพัฒนา suspension ในวงการอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ (Hard disk) ต่อไป

Abstract

Computer hard disk drives (HDDs) are one of the most important components within the personal computer (PC). They are used to store and retrieve huge amounts of data. Over the last few decades their capacity and speed have improved. All magnetic Hard Drive Read-Write Heads require a Suspension assembly to support and position the head. A Suspension assembly holds Read/Write heads do not touch the surface of the spinning disk at speeds of between 5,400 to 15,000 continuously but instead "fly" above the disk surface that at a precise very small height above the disk depends on aerodynamics design. When Read/Write heads fly by air bearing, it generate stress distribution on suspension. This research is to find stress distribution on head gimbal assembly and gram load. Stress distribution and gram load analysis conducted by the known-well finite elements method (FEM) is employed. FEM models of head gimbal assembly. This research leading to design and improve of suspension of hdd for hard disk cluster.

1. บทนำ

ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นส่วนประกอบหลักของคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูลโดยใช้วิธีการทางแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์สามารถแบ่งตามหน้าที่การทำงานออกเป็นได้ 4 ส่วน ดังนี้ คือ

1. ส่วนอ่าน-เขียน (Read-write Part)
2. ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Storage Part)
3. ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ (Movement Controlling Part)
4. ส่วนเชื่อมต่อทางไฟฟ้า (Electrical Interconnection Part)

Head Gimbal Assembly (HGA) เป็นอุปกรณ์หลักอยู่ในส่วนอ่าน-เขียนข้อมูล ใช้สำหรับรองรับหัวอ่าน-เขียน ที่เรียกว่า สไลเดอร์ (Slider) โดย HGA จะนำสไลเดอร์ไปยังตำแหน่งต่างๆ บนแผ่นบันทึกข้อมูลหรือแผ่นมีเดีย (Platter)

ในการทำงานของ HGA นั้น เริ่มแรก แผ่นมีเดียจะเริ่มหมุนให้ได้ความเร็วที่ต้องการเพื่อสร้างกระแสลมบนผิวหน้าของแผ่นมีเดีย จากนั้น HGA จะเริ่มเคลื่อนที่ออกมาจาก Landing Zone โดยจะเคลื่อนที่ออกไปบนแผ่นบันทึกข้อมูล ในตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการ สไลเดอร์ ที่ติดอยู่ด้านล่างของ HGA นั้นจะลอยตัวอยู่บนแผ่นบันทึกข้อมูล ด้วยแรงลมที่แผ่นบันทึกข้อมูลสร้างขึ้น จะยกให้สไลเดอร์ลอยสูงขึ้น เรียกว่า Air Baring Load โดยความสูงดังกล่าวจะเรียกว่า Z – Height โดยวัดจากผิวด้านบนของแผ่นบันทึกข้อมูลถึงผิวด้านล่างของสไลเดอร์ แรงยกดังกล่าวจะทำให้สไลเดอร์ลอยสูงขึ้น ส่วน Suspension ก็จะทำหน้าที่ควบคุมให้สไลเดอร์อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ โดย Suspension จะคอยกดให้สไลเดอร์ ให้ลอยอยู่ด้วยค่า Z – Height ตามที่กำหนดไว้เท่านั้น แรงกดที่ให้แก่สไลเดอร์นี้เอง เรียกว่า Gram Load จะต้องมีความเหมาะสม เพื่อควบคุมไม่ให้ค่า Z – Height ผิดไปจากที่ต้องการได้ เพราะหากว่าค่า Gram Load มีค่ามากเกินไป ก็จะทำให้ Suspension กดสไลเดอร์ให้ใกล้กับแผ่นมีเดียมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดความเสียหายแก่แผ่นมีเดียได้ หรือถ้าค่า Gram Load น้อยเกินไปก็จะทำให้สไลเดอร์ลอยอยู่สูงจากแผ่นมีเดียมากเกินไป จึงมีผลทำให้ การอ่านเขียนข้อมูลนั้น ผิดพลาดได้

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของ HGA ในสภาวะที่ได้รับ Air Baring Load หรือที่เรียกว่า สภาวะ Load State เพื่อหาค่า องค์ประกอบที่เหมาะสมของ Suspension ที่จะทำให้ได้ค่า gram load ที่ต้องการควร จะมีค่าอยู่ที่เท่าไร โดยการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการใช้ศึกษาพฤติกรรมของ HGA ภายใต้การหมุนของแผ่นมีเดีย ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในสภาวะ Load State ซึ่งทำให้เราสามารถพัฒนา และออกแบบ HGA ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุน ในการพัฒนาและการผลิตที่ต้องสร้างต้นแบบเพื่อทดสอบ อีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลาในการพัฒนาอีกด้วย จากการสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวกับส่วนประกอบในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์พบว่า การศึกษาเพื่อวิเคราะห์

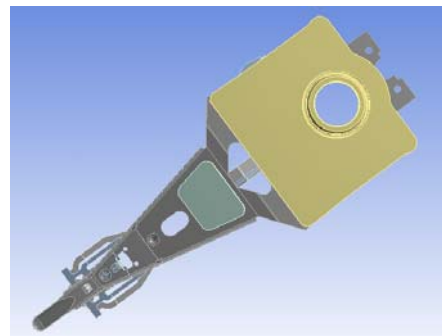
พฤติกรรมต่างๆ ของ HGA ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาในขณะที่หัวบันทึกทำการการอ่าน-เขียนข้อมูล โดยสำหรับการศึกษาเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของ HGA ในสภาวะ Load State ไม่พบการศึกษาในเชิงลึก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาและวิเคราะห์ มุมที่เหมาะสมของ Suspension ที่ให้ค่า Gram Load ที่ต้องการ โดยพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมุมของ Suspension และค่า Gram Load ที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง HGA ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษา องค์ประกอบของ Suspension ที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่า gram load อยู่ในช่วง 2.5 ± 0.2 grams
- 2.2 เพื่อหาค่าการกระจายตัวของความเค้น (stress distribution) ที่เกิดขึ้นบริเวณ suspension เมื่ออยู่ในสภาวะ Load State

3. แบบจำลอง Head Gimbals assembly

แบบจำลองของ Head Gimbals assembly ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท Magnecomp Precision Technology Public Company Limited (MPT)



รูปที่ 1 Head Gimbal Assembly

คุณสมบัติทางกลของวัสดุที่ใช้ในการผลิต Head Gimbals Assembly มีดังนี้

- 3.1 Stainless Steel
- 3.2 Copper
- 3.3 Polyimide
- 3.4 Polyester
- 3.5 Slider

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกลของ Stainless Steel

Property Name	Value	Units
Young's modulus	1.93e5	MPa
Poisson's ratio	0.31	-
Density	7.75e-6	Kg/mm
Tensile Yield strength	207	MPa
Tensile Ultimate strength	586	MPa

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกลของ Copper

Property Name	Value	Units
Young's modulus	1.24e5	MPa
Poisson's ratio	0.34	-
Density	8.878e-6	Kg/mm
Tensile Yield strength	540	MPa
Tensile Ultimate strength	600	MPa

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกลของ Polyester

Property Name	Value	Units
Young's modulus	3790	MPa
Poisson's ratio	0.30	-
Density	1.4e-6	Kg/mm

ตารางที่ 4 คุณสมบัติทางกลของ Polyimide

Property Name	Value	Units
Young's modulus	5860	MPa
Poisson's ratio	0.33	-
Density	1.383e-6	Kg/mm
Tensile Yield strength	150	MPa
Tensile Ultimate strength	200	MPa

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกลของ Slider (Read/Write Head)

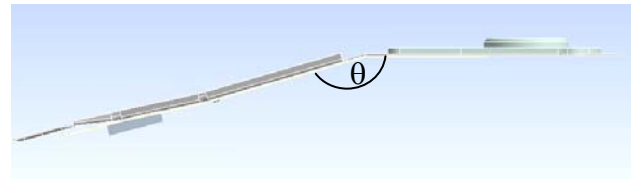
Property Name	Value	Units
Young's modulus	4e5	MPa
Poisson's ratio	0.30	-
Density	4.26e-6	Kg/mm
Tensile Yield strength	1000	MPa
Tensile Ultimate strength	1000	MPa

4. วิธีวิจัยและการกำหนดสภาวะเงื่อนไขขอบเขต

การกำหนดสภาวะเงื่อนไขขอบเขต (Boundary Condition) สำหรับการวิเคราะห์ในแบบจำลองประกอบไปด้วย

4.1 เงื่อนไขเริ่มต้นในการทำวิจัย

เพื่อหาค่า Gram Load จะทำการกำหนดมุมของ Suspension ที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยกำหนดให้มีค่าตั้งแต่ 10° - 20°



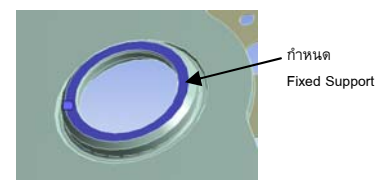
รูปที่ 2 รูปแสดงตำแหน่งมุมของ Suspension

ตารางที่ 6 มุมของ Suspension ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่า Gram Load

ลำดับที่	มุมของ Suspension (Degree)
1	10
2	11
3	12
4	13
5	14
6	15
7	16
8	17
9	18
10	19
11	20

4.2 เงื่อนไขการจับยึดชิ้นงาน

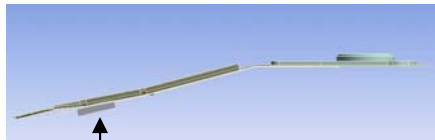
สำหรับการกำหนดเงื่อนไขในการจับยึดของ HGA นั้น จะทำการจับยึดตรงบริเวณ Base Plate โดยปรกติ ตัว HGA เมื่อทำการประกอบจะถูกทำให้ติดกับ Head Stack Assembly (HSA) โดยกำหนดให้ผิวที่สัมผัสกับ HSA นั้น ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในทุกๆ แกน คือ ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปในแนวแกน X,Y,Z ได้ ดังที่แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เงื่อนไขการจับยึดชิ้นงาน

4.3 ภาวะที่กระทำ

ในการวิเคราะห์หาค่า Gram Load นั้น HGA ที่ใช้จะต้องอยู่ในสภาวะ Load State ดังนั้น ภาวะกรรมที่กระทำกับ HGA จะเป็นการยกหรือให้ Displacement แก่สไลเดอร์ โดยให้เคลื่อนที่ไปตามแนวแกน +Z ตามค่า Z - Height ของ HGA ที่ได้กำหนดไว้คือ 0.508 mm



เคลื่อนที่ไปตามแนวแกน Z ตามค่า
Z - Height ที่กำหนด

รูปที่ 4 ภาวะที่กระทำแก่ HGA

4.4 การกำหนดสมบัติที่ผิวสัมผัสระหว่างแบบจำลองของชิ้นส่วน

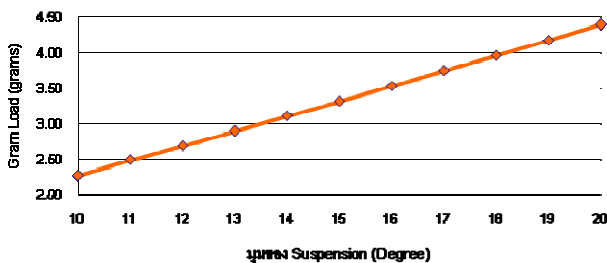
ในการประกอบ HGA จุดที่สัมผัสกันนั้นจะเป็นแบบเชื่อมติดกันเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะในภาคอุตสาหกรรมจะใช้แสงเลเซอร์เชื่อมในจุดที่ต้องการให้ติดเป็นเนื้อเดียวกัน โดยในแบบจำลองที่ใช้ได้ทำการกำหนดจุดที่สัมผัสกันเป็นแบบ Bonded คือเชื่อมติดกันเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ในแนวแกน X,Y,Z

4.5 การแบ่งเอลิเมนต์

แบบจำลองถูกแบ่งให้เป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ เพื่อทำการคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้เอลิเมนต์แบบ Quadratic Tetrahedron และ Quadratic Hexahedron โดยแบ่งขนาดของเอลิเมนต์ให้มีขนาด 0.9 mm และลดขนาดของเอลิเมนต์ครั้งละ 0.005 mm

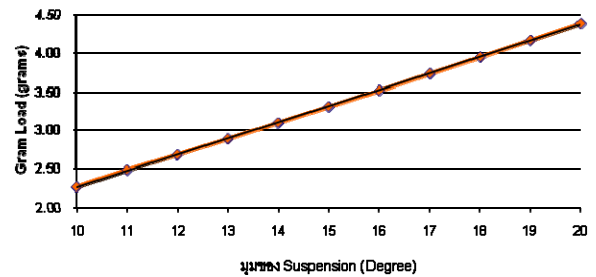
5. ผลการวิจัย

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load
ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.09 mm



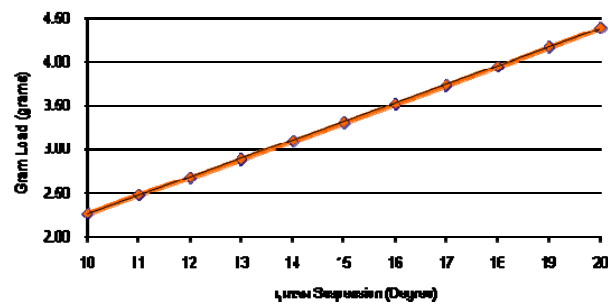
กราฟที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.09 mm

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load
ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.085 mm



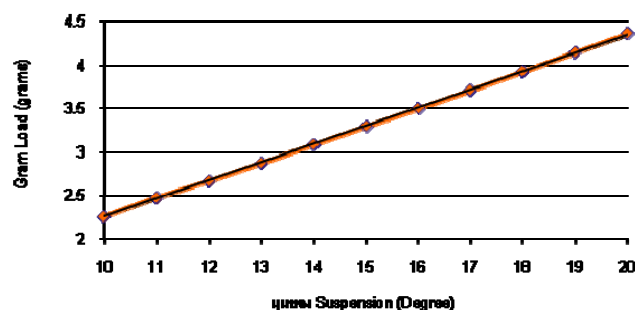
กราฟที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.085 mm

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load
ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.08 mm



กราฟที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.08 mm

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load
ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.075 mm



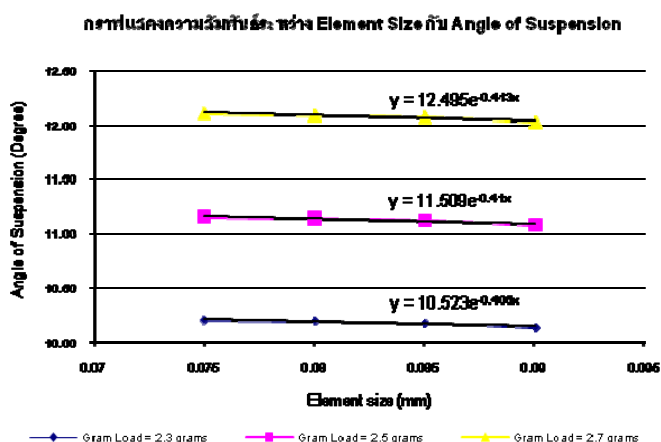
กราฟที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง มุมของ Suspension กับ Gram Load ที่ขนาดของเอลิเมนต์เท่ากับ 0.075 mm

จากกราฟที่ 1 – 4 จะเห็นว่ากราฟมีลักษณะเป็นเชิงเส้น เมื่อกำหนดให้มุมของ Suspension มีค่ามากขึ้น จะทำให้ค่า Gram Load ที่ได้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 7 ค่า Gram Load ที่ขนาดอิลิเมนต์ต่างๆ

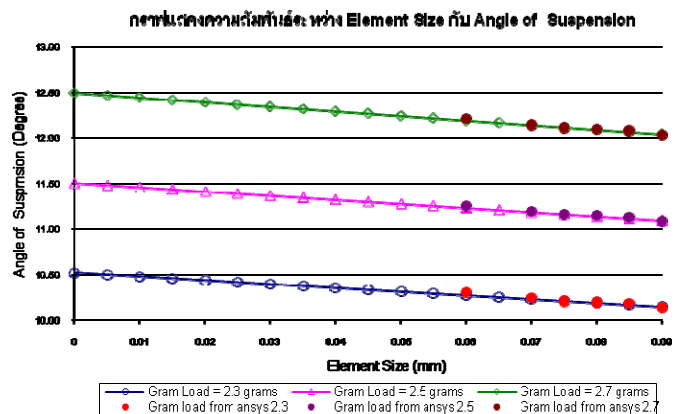
ลำดับที่	มุมของ Suspension (Degree)	Element Size (mm)			
		0.09	0.085	0.08	0.075
		Gram Load (grams)			
1	10	2.2767	2.2688	2.2657	2.2588
2	11	2.4921	2.4850	2.4832	2.4784
3	12	2.6933	2.6824	2.6771	2.6701
4	13	2.9018	2.8895	2.8842	2.8790
5	14	3.1113	3.1007	3.0955	3.0866
6	15	3.3192	3.3101	3.3065	3.2967
7	16	3.5299	3.5190	3.5152	3.5035
8	17	3.7472	3.7341	3.7291	3.7167
9	18	3.9625	3.9451	3.9422	3.9317
10	19	4.1760	4.1640	4.1604	4.1468
11	20	4.3968	4.3822	4.3777	4.3644

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่า Gram Load ที่สนใจนั้นจะอยู่ในช่วงมุมของ Suspension 10 – 12 องศา จากกราฟที่ 1- 4 สามารถหาค่ามุมของ Suspension ที่ให้ค่า Gram Load = 2.5 ± 0.2 g



กราฟที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Element Size กับ Angle of Suspension

จากกราฟที่ 5 จะเห็นว่าเมื่อเราลดขนาดของอิลิเมนต์ให้ มีขนาดลดลง มุมของ Suspension จะมีขนาดเพิ่มขึ้น จากกราฟที่ได้นั้นมีลักษณะเป็นแบบ Exponential



กราฟที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Element Size กับ Angle of Suspension

จากกราฟที่ 6 นั้นจะเห็นว่าเมื่อเราลดขนาดอิลิเมนต์ให้ มีขนาดลดลง จะเห็นว่ามุมของ Suspension ที่ทำให้ค่า Gram Load มีแนวโน้มสูงขึ้น จากกราฟจะเห็นว่าค่า Gram Load = 2.5 grams มุมของ Suspension มีแนวโน้มเข้าใกล้ค่า 11.50 องศา และค่า Gram Load = 2.3 grams มุมของ Suspension มีแนวโน้มเข้าใกล้ค่า 10.50 องศา สุดท้ายค่า Gram Load = 2.7 grams มุมของ Suspension มีแนวโน้มเข้าใกล้ค่า 12.50 องศา

6.สรุปผลการวิจัย (เบื้องต้น)

จากผลการทดลอง มุมของ Suspension ที่ทำให้ค่า Gram Load = 2.52.5 ± 0.2 g มีค่าเท่ากับ 11.50° ± 1°

7.กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบริษัท Magnecomp Precision Technology Public Company Limited (MPT) จำกัด ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยและโครงการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD Cluster) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย

8.เอกสารอ้างอิง

- [1] M.A. Suriadi, C.S. Tan, Q.D. Zhang, T.H. Yip, K. Sundaravadivelu. Numerical investigation of airflow inside a 1-in hard disk drive. Data Storage Institute, 5 Engineering Drive Singapore 117608, Singapore
- [2] Takenori Atsumi, Toshihiro Arisaka, Toshihiko Shimizu, and Hiromitsu Masuda. Head-Positioning Control Using Resonant Modes in Hard Disk Drives. IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS, VOL. 10, NO. 4, AUGUST 2005