การออกแบบส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนสำเร็จในฮาร์ดดิสไดร์ฟ

Design the component of the suspension in HDD

จุมพลเดชน์ บำรุงวงศ์ธารี [1], ศรันย์ นาคฉนอม [2], สุวุฒิ ตุ้มทอง[3]

[1]แผนกพัฒนากระบวนการผลิตชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ บริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด
1627 หมู่ 7 ถ.เทพารักษ์ ต.เทพารักษ์ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270
[2]สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ
489 ถนนประชาพัฒนา แขวงทับยาว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
[3]สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
7/1 ถ.นนทบุรี ต.สวนใหญ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000
E-mail: jomeb@hotmail.com[1], sarun@sarun.org[2], suwut@rmutsb.ac.th[3]

บทคัดย่อ

บทความเกี่ยวกับหัวอ่านเขียนสำเร็จ (HGA) หรือแขนจับหัวอ่านเขียน (Suspension)ในฮาร์ดดิสไดร์ฟได้มีการนำเสนอแต่คุณลักษณะจำเพาะทางกลและองค์ประกอบของหัวอ่านเขียนสำเร็จแต่หลักการในการออกแบบรวมถึงข้อกำหนดของชิ้นงานที่จะประกอบเป็นหัวอ่านเขียนสำเร็จยังมีพื้นที่ให้นำเสนอ ดังนั้นบทความนี้จึงวิเคราะห์และกล่าวถึงแต่ละส่วนประกอบของหัวอ่านเขียนสำเร็จและคุณลักษณะจำเพาะแต่ละองค์ประกอบที่มีผลต่อสมรรถนะของอุปกรณ์บันทึกข้อมูลแบบฮาร์ดดิสไดร์ฟโดยหาจุดดัดที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ลักษณะเฉพาะของชุดอ่านเขียนตามต้องการพร้อมกับสามารถเข้าใจทำให้สามารถลดจำนวนเอลิเมนต์หรือเวลาในการคำนวณได้จากการตัดชุดกิมบอลโดยพิจารณาถึงเปอร์เซนที่มีผลจากแบบจำลองและเป็นการสร้างนวัตกรรมให้องค์กรและต่อยอดจากที่มีอยู่

คำสำคัญ: หัวอ่านเขียนสำเร็จ, แขนจับหัวอ่านเขียน

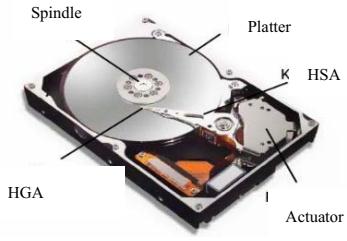
Abstract

This article describes about Head Gimbal Assembly (HGA) or suspension in hard disk drive have been presented. Nevertheless, the mechanical characteristics of the component to form HGA still open. Thus, this paper was being presented on the component of HGA and its characteristics impact to hard disc drive performance also optimization the bending location and consider gimbal contribute to the spring rate. In addition, to have own innovation and creating the innovation culture in organization.

Keywords: Head Gimbal Assembly, suspension, hard disc drive

1. คำนำ

เมื่อกล่าวถึงฮาร์ดดิสไดร์ฟ (Hard Disc Drive) มักจะนึกถึงวัตถุรูปทรงสี่เหลี่ยมและเมื่อฮาร์ดิสไดร์ฟขณะที่กำลังทำงานจะเข้าใจได้ถึงสิ่งที่หมุนอยู่ภายใน ลักษณะและส่วนประกอบของฮาร์ดดิสไดร์ฟสามารถแสดงได้ดังภาพ 1



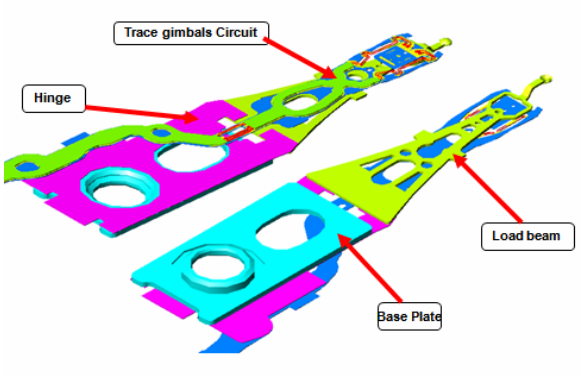
ภาพที่ 1 : ส่วนประกอบหลักของฮาร์ดดิสไดร์ฟ

ส่วนประกอบที่จะนำมาพิจารณาคือหัวอ่านเขียนสำเร็จ (HGA) หรือแขนจับหัวอ่านเขียน (Suspension) แขนจับหัวอ่านเขียนที่ปราศจากหัวอ่าน (Slider) เรียกว่าแขนจับหัวอ่านเขียนหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ TGA (Trace Gimbal Assenbly) และเมื่อนำหัวอ่านเขียนมาประกอบจะเรียกว่าหัวอ่านเขียนสำเร็จนั่นคือ Head Gimbal Assembly (HGA) ในบทความนี้จะกล่าวถึงทั้งหัวอ่านเขียนสำเร็จและแขนจับหัวอ่านเขียน มีงานวิจัยที่แสดงถึงการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า Pitch และ Roll ของหัวอ่านเขียนอันเนื่องมาจากค่าแรงที่ใช้จับยึดระหว่างการวัดค่าด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์โดย ศันสนีย์ ขุนทิพย์ทอง [1] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาลักษณะการเสียรูปของ HGA ที่มีผลต่อการบิดตัวของ slider ในแกน pitch และแกน roll อันเนื่องมาจากค่าแรงจับยึด 7 ปอนด์ และ 9 ปอนด์ ตามลำดับ นภดนัย อาชวาคม [2]ได้ศึกษาพฤติกรรมการสั่นสะเทือนที่แพร่ไปสู่เสียงของสปินเดิลมอเตอร์โดยการออก แบบการทดสอบโมดอลด้วยวิธีกระตุ้นการสั่นสะเทือนที่เหมาะสมกับมอเตอร์ขนาดเล็ก ซึ่งทำโดยการใช้ค้อนเคาะเปรียบเทียบกับการกระตุ้นทางไฟฟ้าด้วยแรงแม่เหล็ก ไฟฟ้า งานวิจัยดังกล่าวและอีกหลายบทความมิได้กล่าวถึงลักษณะจำเพาะทางกลของชุดอ่านเขียนสำเร็จ ดังนั้นบทความนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาส่วนประกอบของแต่ละชิ้นของชุดอ่านเขียนสำเร็จ

2. ส่วนประกอบและคำนิยามค่าเฉพาะทางกลของชุดอ่านเขียนสำเร็จ

2.1 ส่วนประกอบของชุดอ่านเขียนสำเร็จ

แขนจับหัวอ่านเขียนประกอบไปด้วยโหลดบีม (loadbeam), แผ่นฐาน(Base Plate), และ ชุดสายสัญญาณกิมบอล (Gimbal) ทั้งสามชิ้นเป็นส่วนประกอบหลักของชุดอ่านเขียนสำเร็จเพื่อนำไปติดตั้งหัวอ่านเขียนข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 2 ชิ้นแรกพิจารณาที่ ฮิ้น (Hinge) (สีชมพูในภาพที่สอง) บางครั้งเป็นชุดเดียวกับโหลดบีมเพื่อลดจำนวนชิ้นและลดจำนวนจุดเชื่อม ฮิ้นและองค์ประกอบอื่นเป็นโลหะแผ่นบางสามารถเพิ่มโมเมนต์ต้านได้จากการขึ้นรูปโดยสร้างเรลซึ่งจะกล่าวต่อไป



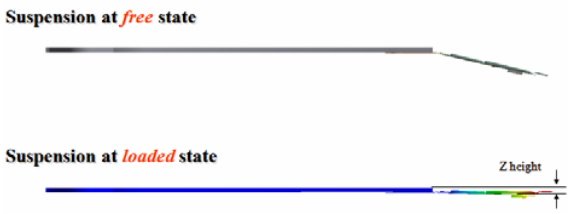
ภาพที่ 2 : ส่วนประกอบหลักของชุดอ่านเขียนสำเร็จ

แผ่นฐาน (Baseplate) มีไว้เพื่อเชื่อมชุดอ่านเขียนสำเร็จเข้ากับขาของ Actuator บางครั้งเรียกว่า E-Block ดังนั้นชุดอ่านเขียนสำเร็จที่เชื่อมต่อกับ E-Block จะถูกเรียกว่า HSA (Head Stack Assembly) ซึ่งการเชื่อมต่อจะผ่านขบวนการตอกยึด (Swaging Process) โหลดบีมประกอบด้วยส่วนที่เป็นเสมือนสปริงและส่วนที่เป็นเสมือนวัตถุเกร็ง (Rigid Body) ส่วนที่มีความเป็นสปริงจะเกิดจากการขึ้นรูปทางกล (Forming) เพื่อให้เกิดค่ากรัมโหลดซึ่งจะกล่าวต่อไป ส่วนที่เป็นวัตถุเกร็งคือบริเวณเรล (rail) เรลเกิดขึ้นจากการขึ้นรูปทางกลซึ่งเป็นสันของโหลดบีมเพื่อป้องกันการอ่อนตัวการสร้างเรลเสมือนการเพิ่มโมเมนต์ต้านให้กับตัวโหลดบีม ชิ้นส่วนนี้เกี่ยวข้องกับการสั่นพ้องโดยตรง (Resonance) เช่นเดียวกัน กิมบอล ที่เป็นชุดสายสัญญาณจะเชื่อมต่อโดยตรงกับหัวอ่านเขียน (Slider) ในส่วนของค่า Pitch และ Roll ของกิมบอลมีผลโดยตรงต่อลักษณะการบินของหัวอ่านเขียนเหนือแผ่นข้อมูลทั้งสามส่วนถูกเชื่อมต่อกันด้วยเลเซอร์แบบจุด

2.2 คำนิยามค่าเฉพาะทางกลของชุดอ่านเขียนสำเร็จ

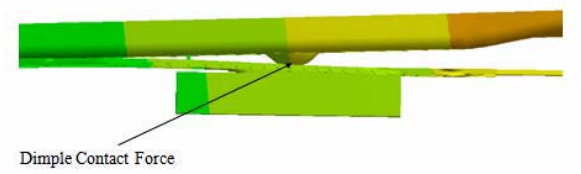
ชุดอ่านเขียนที่อยู่ในสภาวะกำลังทำงานจะมีแรงอยู่ค่าหนึ่งเพื่อให้เกิดสมดุลย์เรียกว่าค่ากรัมโหลด ซึ่งคือค่าแรงปฏิกิริยาของชุดอ่านเขียนสำเร็จเป็นแรงที่เกิดสมดุลย์กับแอร์แบริ่ง (Slider Air Bearing force) ที่เกิดจากการหมุนของแผ่นข้อมูลในทางปฏิบัติใช้หน่วยวัดแรงเป็นกรัมจึงเรียกว่ากรัมโหลด ค่าที่สัมพันธ์กับกรัมโหลดคืออัตราความเป็นสปริงของชุดอ่านเขียนสำเร็จ (Suspension Spring Rate) อัตราความ

เป็นสปริงนิยามได้คือเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่ากรัมโหลดกับระยะถึงจุดรับภาระ (Load Point) อัตราความเป็นสปริงน้อยๆเป็นสิ่งที่อันตรายเนื่องจากการประกอบชุดอ่านเขียนสำเร็จมีพิกัดความเผื่อทำให้อัตราความเป็นสปริงลดลงอีก เมื่อกล่าวถึงจุดรับภาระคือจุดที่เรียกว่า Z-Height เป็นจุดที่วัดจากพื้นล่างของหัวอ่านเขียนถึงผิวบนของแผ่นฐานเป็นจุดที่ใช้สำหรับทำงานของชุดอ่านเขียนสำเร็จ การเกิดอัตราความเป็นสปริงและค่ากรัมโหลดสัมพันธ์กับโหลดบิมดังได้กล่าวแล้วว่าโหลดบีมมีส่วนที่เป็นสปริงการสร้างสปริงให้เกิดขึ้นคือการทำให้โหลดบีมเกิดมุมเรียกว่ามุมอิสระ (Free State Angle) เป็นมุมที่เกิดจากการขึ้นรูปทางกลมุมนี้เป็นฟังก์กับอัตราความเป็นสปริงของชุดอ่านเขียนดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 : สภาวะอิสระและสภาวะที่รับภาระ

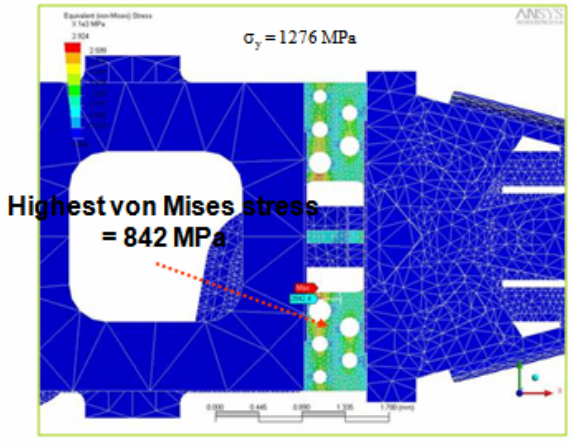
ดิมเพิล (Dimple) เป็นเสมือนจุดหมุนที่สัมผัสกับลิ้น (Tongue) ที่เชื่อมต่อกับหัวอ่านเขียนมีลักษณะเป็นผิวทรงกลมใช้ส่งผ่านค่ากรัมโหลดไปยังหัวอ่านเขียนและยอมให้ชุดกิมบอลหมุนได้อย่างอิสระ ค่าคงที่สถิตย์ (Static Attitude) เป็นค่ามุมของหัวอ่านเขียนกำหนดด้วยสองแนวคือ Pitch และ Roll มุม Pitch คือมุมที่ตั้งฉากกับแกนหมุนของโหลดบีมและขนานกับผิวของแผ่นข้อมูล มุม Roll เป็นมุมที่หมุนรอบแกนของโหลดบีมภาพที่ 4 แสดงดิมเพิล



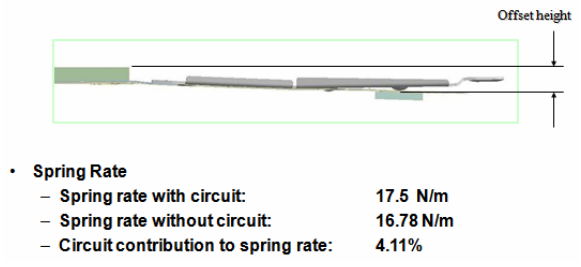
ภาพที่ 4 : ดิมเพิลวางอยู่บนกิมบอล

3. หลักและวิธีการออกแบบชุดอ่านเขียนสำเร็จ

ดังได้กล่าวแล้วว่าชุดอ่านเขียนสำเร็จต้องมีค่ากรัมโหลด, อัตราความเป็นสปริง ซึ่งค่าเหล่านี้เกิดจากค่ามุมอิสระที่สร้างขึ้นและเป็นค่าวิกฤตที่สนใจ การออกแบบจึงสนใจการวิเคราะห์ภาคสถิตย์ (Static Analysis) แบ่งเป็นสองระดับคือระดับแขนจับชุดอ่านเขียนสำเร็จและระดับชุดอ่านเขียนสำเร็จ (TGA Level and Suspension Level) ในภาคพลศาสตร์ (Dynamics Analysis) พิจารณาถึงรูปร่างของชุดหัวอ่านที่เกิดขึ้นโดยวิเคราะห์โมดาล (Modal Analysis) และพิจารณาการสั่นพ้องที่เกิดขึ้นขณะทำงาน (Resonance Analysis) [3] ทั้งการวิเคราะห์ภาคสถิตย์ศาสตร์และภาคพลศาสตร์ตัวแปรที่สำคัญคือมุมอิสระของชุดอ่านเขียนสำเร็จซึ่งต้องหาค่าที่ดีที่สุด (Optimum Design) ในการวิเคราะห์หาค่าที่เหมาะสมที่สุดจำเป็นต้องใช้วิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์ช่วยเนื่องจากความซับซ้อนของเรขาคณิตของชุดอ่านเขียนสำเร็จ ตัวแปรที่มีผลต่อมุมอิสระที่เกิดขึ้นคือระยะการเกิดมุมอิสระและขนาดของมุมอิสระซึ่งต้องหามุมที่เหมาะสมควบคู่กับมุมสถิตย์ทั้ง Pitch และ Roll ซึ่งจะได้ค่าตัวแปรที่สำคัญต่างๆสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 ตามตารางที่ 1 จะประกอบไปด้วยข้อมูลที่สำคัญของชิ้นส่วนสำคัญที่ประกอบเป็นชุดอ่านเขียนสำเร็จเพื่อให้เกิดความมั่นใจ ภาพที่ 5 และภาพที่ 6 แสดงผลวิเคราะห์ที่ได้จากวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์

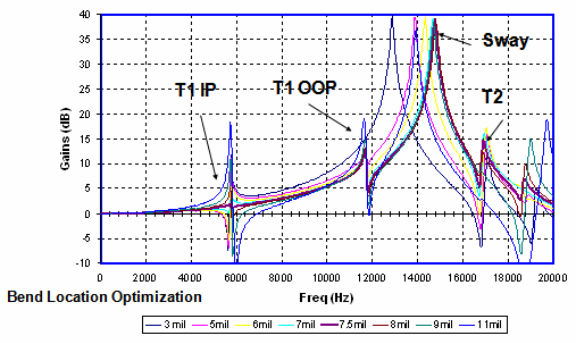


ภาพที่ 5 : ความเค้นบริเวณที่เป็นสปริงจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์



ภาพที่ 6 : อัตราความเป็นสปริงจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์

ภาพที่ 7 : รูปร่างของชุดอ่านเขียนจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำลองโดยไฟไนท์เอลิเมนต์



ภาพที่ 8 : การหาสภาวะที่เหมาะสมและการสั่นพ้องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์

การจำลองด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์จะศึกษาถึงผลกระทบของชุดกิมบอล (Gimbal) ที่อาจจะลดความเป็นสปริงจึงต้องพิจารณาถึงการมีและไม่มีกิมบอลและเปอร์เซ็นที่เกิดขึ้นดังภาพที่ 6 จะแสดงให้เห็นว่าอัตราความเป็นสปริงของหัวอ่านเขียนสำเร็จเพิ่มขึ้น 4.11 เปอร์เซ็นเมื่อมีชุดกิมบอล ดังนั้นจะพบว่าในการออกแบบไม่จำเป็นต้องใส่กิมบอลลงไปในแบบจำลองเป็นการลดจำนวนเอลิเมนต์และเวลาในการประมวลผล ในส่วนผลของการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์รูปร่างของชุดอ่านเขียนขณะทำงานแสดงได้ดังภาพที่ 7 รูปแสดงดัด (Bending Mode) และบิด (Torsion Mode) ของชุดอ่านเขียนขณะทำงาน โหมดที่เป็นอันตรายที่สุดคือ การแก่วง และการบิดซึ่งสามารถทำให้หัวอ่านเขียนออกนอกแทรคทำให้การอ่านเขียนช้าลง

จากภาพที่ 8 พบว่าตำแหน่งของการสร้างมุมอิสระมีผลต่อการสั่นพ้องที่เกิดขึ้นค่าที่เหมาะสมจึงใช้ที่ประมาณ 7 mil ซึ่งจะมีขนาดของเกน (Gain) น้อยกว่าที่ตำแหน่งสร้างมุมอิสระและลักษณะของรูปร่างที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับภาพที่ 7 และมีค่าลักษณะเฉพาะตามต้องการการออกแบบดังภาพที่ 5 และ 6 การออกแบบความเค้นบริเวณที่สร้างมุมอิสระต้องไม่มากเกินจุดครากและถ้ายิ่งห่างไกลจากจุดครากได้ยิ่งทำให้มุมที่เกิดขึ้นทำให้ค่ากรัมโหลดไม่เปลี่ยนแปลงมากขณะออกแบบ ในการออกแบบจะสร้างตารางเพื่อเปรียบเทียบค่าเป้าหมายที่ต้องการและค่าที่ได้จากแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของแบบจำลองด้วยวิธีการไฟไนท์เอลิเมนต์ ค่าเป้าหมายที่ได้รับในครั้งแรกจะนำมาจากโมเดลจริงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับโมเดล