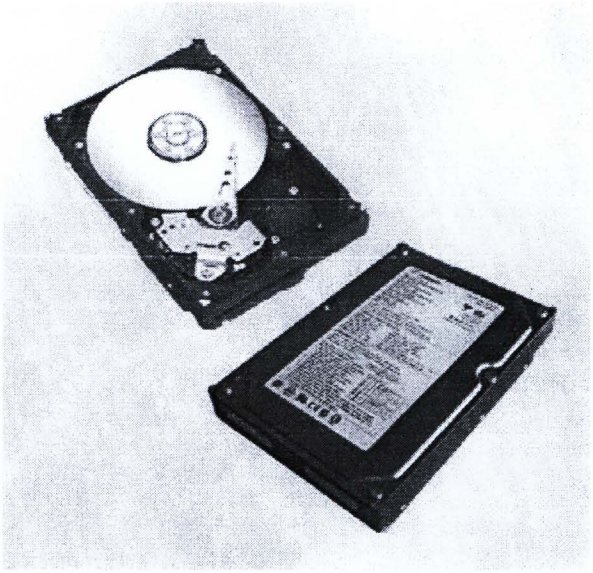
บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

กระบวนการประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (HSA Swaging Process) คือกระบวนการประกอบ หัวอ่าน/เขียนข้อมูล (Head Gimbal Assembly, HGA) เข้ากับแขนหัวอ่านเขียน (Actuator Arm) เพื่อให้ได้ ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly, HSA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบชิ้นสำคัญในการอ่าน/เขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ โดยการศึกษากระบวนการประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ควรที่จะมีความรู้เบื้องต้นของส่วนประกอบและการทำงานของฮาร์ดดิสก์ ซึ่งแสดงดังรายละเอียดดังนี้

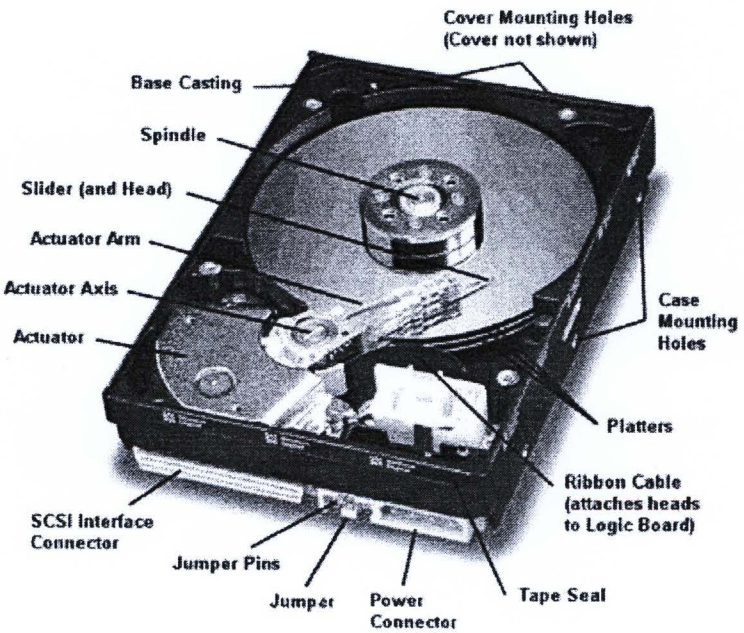
2.2 โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive)

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ แสดงดังภาพที่ 1 เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูล หลังจากการทำงาน ไฟล์ต่างๆก็จะถูกบันทึกไว้ในฮาร์ดดิสก์ ถ้าหากฮาร์ดดิสก์มีความจุมากก็ยิ่งสามารถบันทึกข้อมูลลงได้มากๆ อีกทั้งยังเป็นพื้นที่สำหรับติดตั้งระบบปฏิบัติการเพื่อให้สามารถเรียกให้โปรแกรมต่างๆ บนเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ โดยหน้าที่ของฮาร์ดดิสก์ เป็นแหล่งเก็บข้อมูลสำรองของคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้ได้อย่างถาวร แม้ในสภาวะที่ไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้า ข้อมูลสำคัญจะไม่สูญหายไปแม้เวลาปิดเครื่องไปแล้วก็ตาม เมื่อเปิดเครื่องขึ้นมาใหม่ก็สามารถดึงข้อมูลที่อยู่ในฮาร์ดดิสก์มาใช้ได้ต่อไป ฮาร์ดดิสก์เปรียบเสมือนตู้เก็บไฟล์เอกสารของเครื่องคอมพิวเตอร์นั่นเอง



ภาพที่ 1 ลักษณะภายนอกและภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ [1]

ภายในตัวฮาร์ดดิสก์ ดังแสดงในภาพที่ 2 นั้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ มากมาย โดยส่วนประกอบเหล่านี้จะถูกปกปิดไว้ด้วยกล่องบรรจุที่ปิดแนบแน่นเป็นสุญญากาศฝุ่นละอองหรือสิ่งใดๆ ไม่สามารถหลุดรอดเข้าไปได้แม้แต่เพียงนิดเดียว ส่วนประกอบภายในฮาร์ดดิสก์มีดังนี้



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ [2]

2.2.1 Platter

ส่วนประกอบที่เป็นแผ่นกลมทำด้วยโลหะผสม (metal alloy disc) ที่เคลือบด้านบนไว้ด้วยสาร Aluminum alloy หรือ Glass sub strate ส่วนแผ่นวงกลมหรือจานแข็งที่เรียกว่า Platter ใช้เป็นที่เก็บข้อมูลต่าง ๆ การบันทึกข้อมูลนั้นใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก คือ แม่เหล็กนั้นมีสองขั้ว คือขั้วเหนือและขั้วใต้ ข้อมูลที่ใช้เก็บบนแผ่นดิสก์จะอยู่ในลักษณะ " 0 " กับ " 1 " เหมือนกับข้อมูลดิจิตอลอื่น ๆ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ขนาดของ Platter ที่เป็นมาตรฐานที่ใช้ในฮาร์ดดิสก์ทั่ว ๆ ไปจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางยาว 3.5 " และในฮาร์ดดิสก์แต่ละตัวนั้นจะมีจำนวนของ Platter นี้ไม่เท่ากัน โดยทั่วไปแล้วยิ่งมีมากฮาร์ดดิสก์ตัวนั้นก็จะยิ่งมีความจุมากขึ้น แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เรียกว่า Areal Density

Areal Density คือความหนาแน่นของจำนวนข้อมูลบนพื้นที่ขนาด 1 ตารางนิ้ว บน Platter การบันทึกข้อมูลลงบน Platter นั้นจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ เรียกว่า tracks ลักษณะของ tracks นั้นจะเป็นวงแหวนกลมเรียงซ้อนกันจากด้านนอกไปด้านในของ Platter และในส่วนวงแหวนนี้จะมีข้อมูลถูกเก็บบันทึกไว้เรียงกันไปตามแนวยาวของ tracks ยิ่งมีข้อมูลอยู่หนาแน่นมากเท่าใด ความจุในแต่ละ tracks ก็มีมากเท่านั้น ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลบน Platter นั้นๆ มีจำนวนมากตามไปด้วย

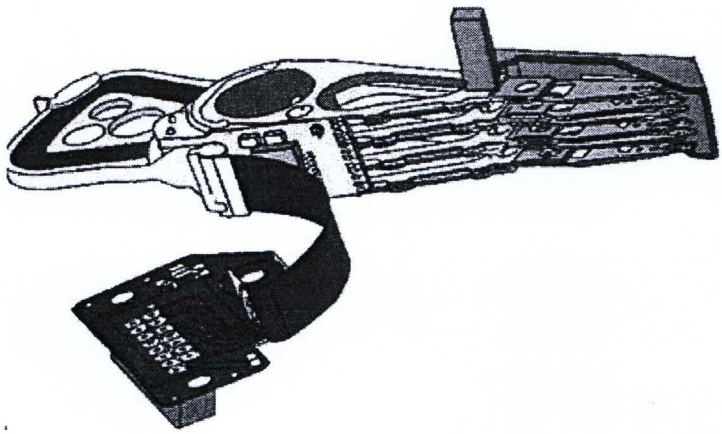
2.2.2 Spindle Motor

Platter แต่ละอันจะถูกซ้อนอยู่บนมอเตอร์ตัวหนึ่งที่เรียกว่า Spindle motor ซึ่งจะทำหน้าที่หมุนแผ่น Platter นี้ไปรอบๆ ที่ความเร็วหนึ่ง มาตรฐานปัจจุบันนั้นอยู่ความเร็วระดับ 7200 RPM (Rotations Per Minute : จำนวนรอบต่อนาที) บางรุ่นที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเช่นเครื่องแม่ข่ายและลูกข่ายในบริษัทต่างๆ อาจหมุนด้วยความเร็วรอบสูงถึง 10000 RPM หรือ 15000 RPM ยิ่งความเร็วในการหมุนแผ่นมีมากเท่าใดความเร็วในการที่หัวอ่าน/เขียนของฮาร์ดดิสก์จะค้นพบข้อมูลที่ต้องการก็มีมากขึ้นเท่านั้น เพราะส่วนของข้อมูลที่ต้องการจะถูกหมุนมาอยู่ภายใต้หัวอ่าน/เขียนนี้รวดเร็วขึ้น ตัว Spindle motor นี้ใช้กลไกที่เรียกว่า Ball-bearing หรือตลับลูกปืนที่มีความเร็วนิ่มนวลมากกว่ามอเตอร์แบบเก่าที่เรียกว่า Brush-less motors สิ่งที่ต้องระวังคือตัว Spindle Motor นี้มีความอ่อนไหวและบอบบางมากส่วนหนึ่งในตัวฮาร์ดดิสก์ ถ้ามันได้รับการกระทบกระเทือนอย่างรุนแรงตัวลูกปืนนั้นก็อาจจะหลุดออกมาจากวงแหวนที่ยึดตัวลูกปืนนั้นได้

2.2.3 แขนหัวอ่าน/เขียน (Actuator Arm)

อุปกรณ์ชิ้นนี้มีหน้าที่เคลื่อนแขนของตัวมันเองที่เรียกว่า แขนหัวอ่าน/เขียน หรือ Actuator Arm ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งตรงปลายของมันจะมีหัวอ่าน/เขียนติดอยู่ไปยัง Track และ Sector ที่ต้องการอ่านข้อมูลอย่างแม่นยำ ตัว Actuator นี้เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญที่สุดในตัวฮาร์ดดิสก์ และเป็นตัวบ่งบอกถึงความเร็วในการทำงานของตัวไดรฟ์และจำนวนบิตที่สามารถบรรจุไว้บนตัวแผ่น Platter ตัว Actuator นี้จะต้องเคลื่อนหัวอ่าน/เขียนไปในแนวตรงอย่างแม่นยำ ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

การพัฒนาเทคโนโลยีของ Actuator นั้นต้องคำนึงถึงความสม่ำเสมอเป็นสำคัญ เพื่อให้สามารถค้นหาข้อมูลได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ตัว Actuator จะต้องเคลื่อนที่ได้รวดเร็วมากตามไปด้วย ในขณะที่ยังคงรักษาความแม่นยำและถูกต้องชนิดร้อยเปอร์เซ็นต์เต็ม โดยทั่วไปแล้วจะมี Actuator arm 2 อันต่อ 1 Platter อันหนึ่งจะอยู่ด้านบน อีกอันหนึ่งจะอยู่ด้านล่าง

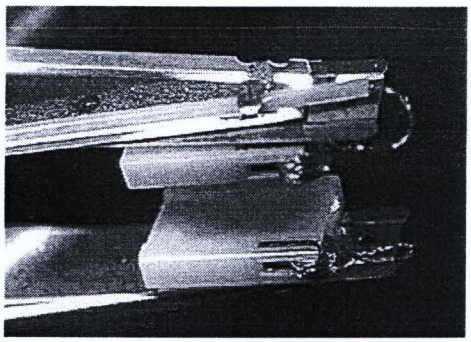


ภาพที่ 3 รูปร่างลักษณะของแขนของหัวอ่าน [3]

2.2.4 หัวอ่าน/เขียน (Read/Write Head)

หัวอ่าน/เขียน ดังภาพที่ 4 มีหน้าที่ในการอ่านและเขียนข้อมูลจาก Platter ลักษณะทางกายภาพก็คือจะติดอยู่กับปลายของแขนหัวอ่าน (Actuators arms) หัวอ่านนี้จะมีอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของ Platter แต่ละแผ่นหมายความว่า Platter แต่ละแผ่นนั้นจะมีหัวอ่าน/เขียนอยู่สองหัวอ่านด้วยกันเมื่อตัวไดรฟ์เริ่มทำงาน Spindle motor จะทำการหมุนแผ่น Platter ด้วยความเร็วที่กำหนดไว้ของฮาร์ดดิสก์แต่ละตัว การหมุนด้วยความเร็วนี้เองทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศหรือที่เรียกว่า air flow ซึ่งจะช่วยยกส่วน Actuator Arms ให้สูงขึ้นจากระดับเดิมเหนือ Platter เล็กน้อย ระยะห่างระหว่าง Platter กับหัวอ่าน/เขียนนี้ประมาณ 3 ล้านส่วนของระยะ 1นิ้ว หรือ 2 ไมคอน ซึ่งน้อยมากๆ ประโยชน์ของการที่หัวอ่าน/เขียนลอยอยู่เหนือ Platter นี้จำเป็นมากต่อการ

ทำงานของฮาร์ดดิสก์ เนื่องจาก Platter นั้นจะถูกหมุนด้วยความเร็วสูงมาก ถ้าหากหัวอ่าน/เขียนแตะกับแผ่น Platter ย่อมจะทำให้เกิดรอยขีดข่วนอย่างถาวร ซึ่งจะทำให้ฮาร์ดดิสก์นั้นมีส่วนที่เสียหายหรือที่เราเรียกกันจนติดปากว่า "Bad Sector" และอาจจะไม่สามารถใช้งานได้อีก

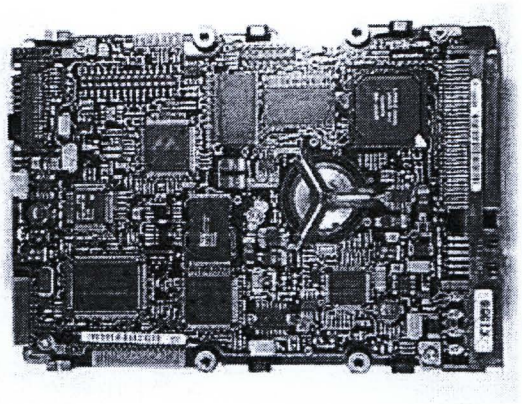


ภาพที่ 4 หัวอ่าน/เขียนข้อมูล [4]

เมื่อหัวอ่าน/เขียน ถูกสั่งให้เขียนข้อมูลลงไปใน Platter มันจะใช้สัญญาณทางแม่เหล็กซึ่งถูกแปลงมาจากสัญญาณดิจิตอลทางไฟฟ้าในระบบคอมพิวเตอร์อีกวิธีหนึ่ง ตัวสัญญาณทางแม่เหล็กจะดำเนินการจัดกลุ่มของแม่เหล็กของ Particles บนพื้นผิวหน้าของ Platter ซึ่งใช้จัดเก็บข้อมูลทั้งหมด ส่วนการอ่านข้อมูลนั้นหัวอ่านเขียนจะอ่านข้อมูลจาก Platter โดยค้นหาข้อมูลทิศทางของแม่เหล็กที่ถูกจัดเรียงไว้เมื่อตอนเขียนข้อมูล เมื่อรู้แล้วตัวแผงวงจร Circuit board ที่อยู่บนตัวฮาร์ดดิสก์จะแปลงสัญญาณแม่เหล็กนั้นกลับเป็นสัญญาณดิจิตอลทางไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่งเพื่อส่งต่อไปยังส่วนการทำงานอื่นๆ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.2.5 แผงวงจรบนตัวฮาร์ดดิสก์ (Circuit, Logic Board)

ฮาร์ดดิสก์แต่ละตัวจะมีแผงวงจรที่เรียกว่า Circuit หรือ Logic Board ดังภาพที่ 5 แผงวงจรนี้จะถูกยึดติดกับภายนอกของตัวฮาร์ดดิสก์ โดยจะมีชิพไอซีที่เรียกว่า DSP (Digital Signal Processors) ซึ่งควบคุมการส่งผ่านของข้อมูล เพื่อเก็บข้อมูลส่วนที่ถูกเรียกใช้บ่อยๆ และส่วนประกอบอื่นๆ รวมทั้งส่วนควบคุม Spindle, Actuator, Cache memory, Read - write operations, Power management แผงวงจรนี้จะรับคำสั่งผ่านมาทางส่วนควบคุมการทำงานของฮาร์ดดิสก์หรือ Hard drive's controller ซึ่งถูกควบคุมโดยระบบปฏิบัติการอีกทีหนึ่ง เมื่อระบบต้องการข้อมูลที่เก็บบันทึกอยู่ในฮาร์ดดิสก์ ตัวแผงวงจรนี้จะรับคำสั่งโดยเคลื่อนและควบคุมส่วนประกอบต่างๆ เพื่อให้ได้รับข่อมูลที่ต้องการออกมา



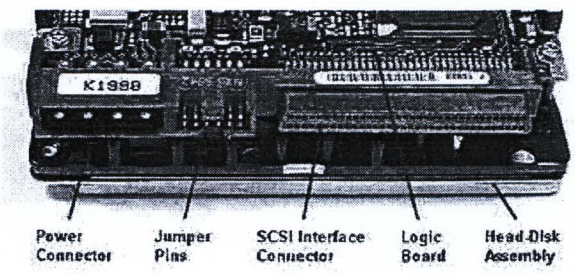
ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของแผงวงจร [5]

2.2.6 ส่วนเชื่อมต่อ (Interface)

ฮาร์ดดิสก์ในปัจจุบันนี้จะใช้ส่วนของการเชื่อมต่อ ไม่แบบใดก็แบบหนึ่งระหว่างมาตรฐานที่เรียกว่า IDE (Integrated Drive Electronics) หรือ SCSI (Small Computer System Interface) ซึ่งส่วนเชื่อมต่อนี้จะกำหนดถึง Band - width ในการส่งผ่านข้อมูลไปยังซีพียูด้วย ดังนั้น Interface จึงเป็นส่วนที่คอมพิวเตอร์ใช้ในการรับและส่งข้อมูลไปมาจากฮาร์ดดิสก์

IDE นั้นเป็นส่วน Interface ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในเครื่องคอมพิวเตอร์ในโลกปัจจุบัน สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้สูงสุดถึง 4 ตัวด้วยกัน (สองตัวต่อหนึ่งช่องทาง) มาตรฐานนี้ค่อนข้างง่ายต่อการติดตั้ง การใช้งานและราคา เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่ได้นั้นก็นับได้ว่าคุ้มค่าทีเดียว

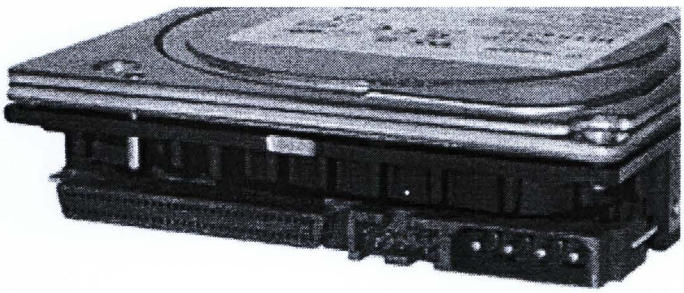
SCSI นั้นราคาแพงกว่า IDE แต่เทคโนโลยีมีความก้าวหน้ากว่า โดยส่วนใหญ่จะใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นเครื่อง Server หรือ Work station ที่ต้องการประสิทธิภาพในการทำงานระดับสูง



ภาพที่ 6 ลักษณะของส่วนเชื่อมต่อของฮาร์ดดิสก์ [4]

2.2.7 จัมพ์เปอร์ (Jumper)

จัมพ์เปอร์ แสดงดังภาพที่ 7 ดูภายนอกเป็นเพียงพลาสติกเล็กๆ แต่ละอันจะมีรูเสียบอย่างต่ำสองรู ส่วนภายนอกที่เป็นพลาสติกนั้นจะทำหน้าที่เหมือนฉนวนไฟฟ้า จัมพ์เปอร์ที่ใช้กับฮาร์ดดิสก์ส่วนใหญ่จะเป็นสีขาวหรือสีดำ ไม่มีหลากหลายสีสันเหมือนที่ใช้บนเมนบอร์ดส่วนภายในก็จะทำหน้าที่เสมือนตัวนำไฟฟ้า ใช้ประโยชน์ในการตั้งค่าต่างๆ บนฮาร์ดดิสก์โดยการครอบจัมพ์เปอร์นี้ลงไปบนขาโลหะที่อยู่ด้านหลังของตัวฮาร์ดดิสก์วิธีการตั้งค่าจัมพ์เปอร์ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากหากตั้งค่าผิดก็ไม่สามารถใช้งานได้เลย



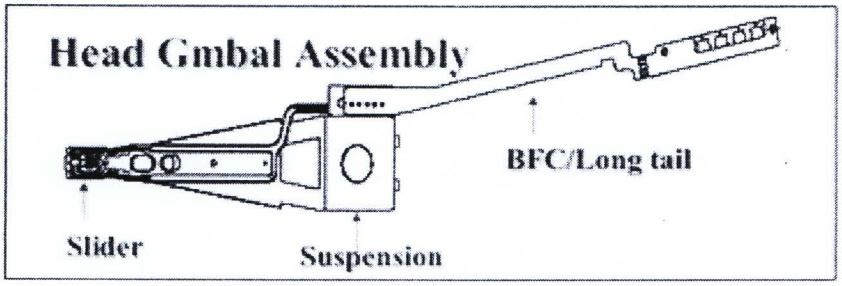
ภาพที่ 7 รูปร่างลักษณะของแขนของขั้วต่อและจัมพ์เปอร์ [4]

2.3 ชุดหัวอ่าน/เขียนสำเร็จแบบเป็นชั้น (Head Stack Assembly, HSA)

หัวอ่าน/เขียนนั้นไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เอง ดังนั้นจึงต้องอาศัยแขนจับหัวบันทึกเพื่อให้เคลื่อนที่ไปยังบิต หรือตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งแขนจับนี้ยังสามารถแบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

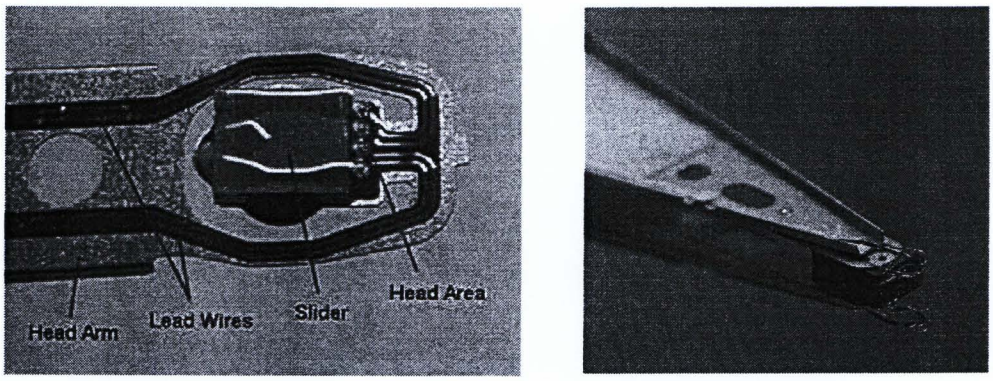
2.3.1 ชุดหัวอ่าน/เขียนที่กลอกไปมาได้ (Head Gimbal Assembly, HGA)

HGA เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รองรับหัวอ่าน/เขียนที่อยู่ในรูปของสไลเดอร์ (Slider) และนำสไลเดอร์ เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหรือบิตที่ต้องการ โดย HGA หนึ่งชิ้นจะอ่านข้อมูลจากแผ่นมีเดียได้เพียง 1 ด้าน ซึ่งในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟนั้นจะใช้ HGA จำนวนหลายชิ้น ที่เรียกว่า HSA แต่ในขบวนการผลิตนั้น จะต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของหัวอ่าน/เขียน เมื่ออยู่ในรูปแบบของ HGA ก่อนจะนำไปประกอบเป็น HSA โดยใช้กระบวนการสเวจซึ่งส่วนประกอบที่สำคัญของ HGA มีอยู่ 3 ส่วน ดังภาพที่ 8 ได้แก่



ภาพที่ 8 ส่วนประกอบของ HGA [4]

- **Slider** คือ หัวอ่านและเขียนมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมสีดำ เป็นชิ้นส่วนหลักของ HGA ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรไฟฟ้าขนาดเล็ก ชิ้นส่วนนี้จะทำหน้าที่เหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้เกิดขึ้นในขณะที่ HGA อ่านและเขียนข้อมูลลงบนแผ่นดิสก์ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ลักษณะของหัวอ่าน/เขียน [4]

- **Suspension** คือแกนโลหะซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

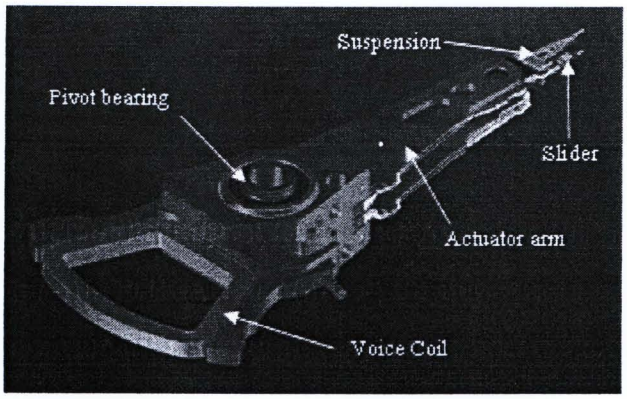
1. Flexture แผ่นบน
2. Load Beam โลหะกลาง
3. Mounting Block โลหะแผ่นล่าง

ซึ่งแผ่นฐาน จะอยู่ในส่วนนี้ด้วย ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญในกระบวนการสเวจ โดยแผ่นฐาน จะเป็นตัวที่ถูกลูกบอล บีบอัดให้ยึดติดกับ แขน Actuator Arm

- **BFC/Long tail** เป็นแผงวงจรไฟฟ้าใช้ในการโอนถ่ายสัญญาณไฟฟ้าจาก Slider ไปยัง Chip ที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์

2.3.2 ชุดหัวอ่าน/เขียนแบบเป็นชั้น (Head Stack Assembly, HSA)

HSA ประกอบด้วย HGA จำนวนหลายๆ ชิ้น ที่จัดเรียงในแนวตั้ง เพื่อใช้ในการอ่านเขียนข้อมูลจากแผ่นมีเดียหลายๆ แผ่น โดยที่แผ่นมีเดียจำนวน 1 แผ่น จะสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ทั้งด้านบน และด้านล่าง ดังนั้นจึงต้องใช้ HGA จำนวน 2 ชิ้น เพื่อนอ่าน/เขียนข้อมูลทั้ง 2 ด้านของแผ่นมีเดีย โดย HGA ที่ผ่านการทดสอบแล้ว จะนำมาประกอบเป็น HSA โดยใช้กระบวนการสเวจและทดสอบคุณสมบัติอีกครั้ง ส่วนประกอบหลักของ HSA มีดังนี้

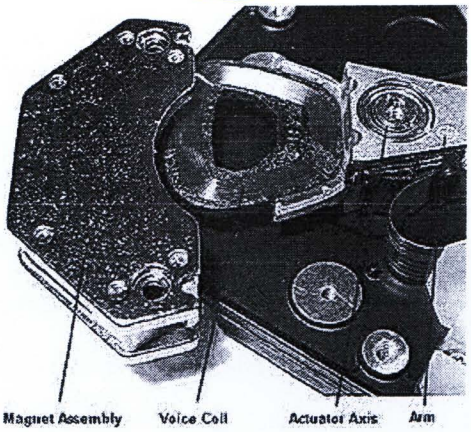


ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของของ HSA [6]

2.3.2.1 แขนของหัวอ่าน (Actuator Arm) ทำงานร่วมกับ Stepping Motor ในการหมุนแขนของหัวอ่านไปยังตำแหน่งที่เหมาะสม สำหรับการอ่านเขียนข้อมูล โดยมีคอนโทรลเลอร์ (Controller) ทำหน้าที่แปลคำสั่งที่มาจากคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็เลื่อนหัวอ่านไปยังตำแหน่งที่ต้องการ เพื่ออ่านหรือเขียนข้อมูล และใช้หัวอ่านในการอ่านข้อมูล แต่ต่อมา Stepping Motor ได้ถูกแทนด้วย Voice Coil ที่สามารถทำงานได้เร็ว และแม่นยำกว่า Stepping Motor

2.3.2.2 Voice Coil Actuator ถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับ Stepper Motor Actuator ระบบ Voice Coil นั้น จะมีขดลวด (Coil) แม่เหล็กไฟฟ้า เชื่อมต่อกับ Head rack และวางไว้ใกล้กันกับ แม่เหล็กถาวรที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ไม่มีการเชื่อมต่อสัมผัสโดยตรงตรงระหว่างแม่เหล็กกับขดลวด เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟไปที่ขดลวด ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวด แรงแม่เหล็กนี้ จะทำให้ขดลวดเคลื่อนออกจากหรือไม่ก็เคลื่อนเข้าหาแม่เหล็กถาวร และเมื่อขดลวดนั้นเคลื่อนไหวก็จะส่งผลให้ Head rack เคลื่อนไหวตามไปด้วย ระบบนี้ดีกว่าการใช้ Stepper Motor

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 11 โครงสร้างของ Voice Coil [4]

ภาพที่ 11 เป็นการแสดงให้เห็นถึงส่วนประกอบภายในของระบบ Voice Coil Actuator จากภาพ จะเห็น Actuator ที่ประกอบไปด้วย แม่เหล็กถาวรที่อยู่กับที่และ Voice Coil ที่สามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ หัวอ่าน/เขียน ของฮาร์ดดิสก์ จะอยู่ที่ด้านปลายสุดของแขน Actuator เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟเข้าไปที่ขดลวดแห่งนี้ มันจะเกิดการเคลื่อนที่ๆสัมพันธ์กับแม่เหล็ก เมื่อ Coil มีการเคลื่อนไหว มันก็จะเคลื่อนหัว อ่าน/เขียนไปมาเหนือจาน Platter ด้วย

2.3.2.3 Actuator Axis จะยึดติดกับฐาน เพื่อเป็นแกนหมุนของ Actuator ให้ตัว Slider เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง หรือ บิตที่เก็บข้อมูล

2.3.2.4 HGA ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่แล้ว

2.3.2.5 Pivot Bearing ทำหน้าที่เป็นจุดหมุนให้กลับ Actuator Arm และรับภาระของแรงกระชากของการหมุนเริ่มต้น (Starting Torque) และแรงต่างๆที่เกิดขึ้น

2.4 ทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนาเทคโนโลยีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและสืบเนื่องมาจากการพัฒนานั้น ทำให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการเติบโตเร็วและเกิดความต้องการทางด้านการตลาดสูง ดังนั้นจึงมีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟออกมาในปริมาณที่สูง ในปี 2549 ประเทศไทยมีการผลิตฮาร์ดดิสก์ส่งออกประมาณ 170 ล้านชิ้น คิดเป็นมูลค่าการส่งออกกว่า 5 แสนล้านบาท หรือ 1 ใน 5 ของมูลค่าสินค้าอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คิดเป็นส่วนแบ่งการตลาด 48%ของตลาดโลก ทำให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และชิ้นส่วน เป็นอันดับ 1 ของโลก แต่ก็จำเป็นต้องมีประสิทธิที่ดีด้วยเช่นกัน ซึ่งจากความต้องการที่สูงนั้น ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่นเดียวกัน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 27 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 245573
เลขเรียกหนังสือ

การเพิ่มขนาดความจุของฮาร์ดดิสก์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการให้มีขนาดความจุมากขึ้นแต่ขนาดของฮาร์ดดิสก์เท่าเดิมหรือเล็กลง เช่นการเพิ่มจำนวนชั้นของจานบันทึกข้อมูลให้มากขึ้น โดยจำกัดขนาดของฮาร์ดดิสก์ ให้เป็นไปตามที่กำหนด ทำให้ที่ว่างภายในตัวฮาร์ดิสก์จะถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่ ทำให้ความแม่นยำด้านมิติของชิ้นส่วนและ ความแม่นยำในการจัดวางตำแหน่งของส่วนประกอบภายในจะเป็นสิ่งสำคัญเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับจานบันทึกข้อมูล ดังนั้นการผลิตฮาร์ดดิสก์จึงต้องมีการควบคุมความแม่นยำอย่างละเอียด ทั้งในด้านมิติของชิ้นส่วนและความแม่นยำในด้านการประกอบชิ้นส่วน ดังเช่น กระบวนการประกอบ หัวอ่าน/เขียนข้อมูล (Head Gimbal Assembly, HGA) ลงไปบนแขนหัวอ่านเขียน (Actuator Arm) เพื่อให้ได้ ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (Head Stack Assembly, HSA) ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (HSA Swaging process) ซึ่งยังมีหลายปัจจัยที่ยังคงมีความแปรปรวนจากการกระบวนการประกอบ และยังเกิดการเสียหายของหัวอ่าน/เขียนข้อมูล หลังกระบวนการประกอบชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ ซึ่งปัญหาประการหนึ่งของกระบวนการสเวจ คือการขาดความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของผลิตภัณฑ์

จากการศึกษาปัจจัยหลักๆ ที่ส่งผลต่อกระบวนการประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (HSA Swaging Process) ได้แก่ ขนาด ทิศทางวัสดุและความเร็วของลูกบอล รูปร่างของแผ่นฐาน (Base Plate) ดังนั้นเพื่อลดจำนวนหัวอ่าน/เขียน (HGA) ที่เสีย จึงต้องศึกษาถึงการออกแบบที่เหมาะสมของตัวแปรที่ใช้ในการประกอบ ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ และหาค่าการผิดรูปของชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ โดยอาศัยกระบวนการทางไฟไนต์อิเลเมนต์ ให้ได้ค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ปัจจัยตั้งต้นในการติดตั้ง และปรับค่าของเครื่องมือที่ใช้ในการประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (Swaging Machine) เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของกระบวนการ ลดจำนวนการเสียของหัวอ่าน/เขียน รวมถึงพัฒนาเทคโนโลยีของกระบวนการสเวจ และอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้กระบวนการสเวจด้วย

การประยุกต์ใช้ไฟไนต์อิลิเมนต์เพื่อวิเคราะห์กระบวนการสเวจ พบว่าการใช้ไฟไนต์อิลิเมนต์สามารถเปรียบเทียบค่า ความเค้น ความเครียด และโครงสร้าง ของชิ้นงานได้ และแนะนำให้ทางบริษัทผู้ผลิตพัฒนารูปร่างของชิ้นงานให้เหมาะสมต่อกระบวนการสเวจ เพื่อที่ให้ชิ้นงานเกิดการเสียหายน้อยลง [7] ซึ่งการใช้กระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล (Ball Swaging Process) เพื่อประกอบชุดหัวอ่านข้อมูลมีการตีพิมพ์เผยแพร่ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1975 ซึ่งบริษัท IBM ได้ตีพิมพ์เอกสาร IBM Disclosure Bulletin เรื่อง "Ball Staking of a Transducer Assembly Block to a Positioned Arm" โดยเนื้อหาได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ความต้านทานโมเมนต์บิดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการ [8]

ในปี ค.ศ. 1992 Seagate Technology Inc., Scotts Valley, Califonia ได้จดสิทธิบัตรการทำนายความสามารถในการต้านทานโมเมนต์บิดหลังจากผ่านกระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล โดยได้ความสัมพันธ์ของความต้านทานโมเมนต์บิดของชุดประกอบกับงานของเข็ม (Driving Pin) ที่ใช้ในการยิงลูกบอลเป็นเส้นตรงและได้นำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาประยุกต์เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมคุณภาพของกระบวนการสเวจในการประกอบหัวอ่านเขียนสำเร็จ (HSA) [9] ต่อมาในปี 1999 International Business Machines Corporation, Armonk, New York ได้จดสิทธิบัตรในการใช้สารหล่อลื่นลูกบอลด้วยสารต่างๆ เนื่องจากพบว่าการลดความเสียดทานที่เกิดขึ้นในระหว่างการยิงลูกบอลผ่านแผ่นฐาน (Base Plate) ทำให้การบิดเบี้ยวที่เกิดขึ้นกับชุดรองรับหัวอ่านลดลง ตำแหน่งและการวางตัวของระนาบหัวอ่านจึงเปลี่ยนแปลงน้อยลงด้วย [10] และในปีค.ศ. 2002 Seagate Technology LLC, Scott Valley, California ได้จดสิทธิบัตรการใช้กระบวนการ Expansion Swaging ทำให้เกิด Pre-load กับชุดรองรับหัวอ่านน้อยกว่าการประกอบด้วยกระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล (Ball Swaging Process) [11]

ลักษณะรูปร่างที่เหมาะสมของแผ่นฐาน เพื่อให้กระบวนการสเวจ มีประสิทธิภาพสูง ควรมีการผิดรูปร่างน้อย และ มีค่าความต้านทานโมเมนต์บิด (Retention Torque) มาก รวมไปถึงขั้นตอนการผลิตที่ง่ายรวดเร็วและราคาที่ต่ำด้วย โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับรูปร่างของ แผ่นฐานที่เหมาะสมด้วยการออกแบบรูปร่างที่ต่างกัน 3 แบบ โดยส่วนที่ต่างจะเป็นบริเวณ ปีกของ แผ่นฐาน ซึ่งจะมีหลุมรูปร่างต่างกันแล้ววิเคราะห์ หารูปร่างที่เหมาะสม [12] ต่อมามีการศึกษาที่เน้นในส่วนของ boss tower โดยแนะนำให้เพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ boss tower ขึ้นเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความสามารถในการกระบวนการสเวจ [13] และมีการศึกษาการกำหนดค่าและตัวแปรต่างๆ ของแผ่นฐานโดยสร้างเป็นสมการที่เหมาะสมและมีความสัมพันธ์กันเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นของแผ่นฐาน [14]

การวิเคราะห์ความยืดหยุ่นของหัวอ่าน/เขียน โดยใช้การคำนวณเชิงตัวเลขมาวิเคราะห์ เพื่อศึกษาความเค้น และความต้านทานโมเมนต์บิด ของส่วนประกอบของหัวอ่าน/เขียน (HGA) 3 ส่วน คือ 1. Inner HGA on nut plate 2. Outer HGA on nut plate 3. Arm of E-plate ซึ่งได้ความสัมพันธ์ของค่ามอดูลัสยัง ของทั้งสามชิ้นส่วน เพื่อนำมาเปรียบเทียบว่าชิ้นส่วนใดมีความยืดหยุ่นและรับแรงได้มากที่สุด [15] และมีการวิเคราะห์เชิงตัวเลขกลศาสตร์การเคลื่อนไหวของอากาศ พบว่าเกิดการสั่นในจานฮาร์ดิส โดยศึกษาตัวแขนหัวอ่านที่มี 3 ชั้น สรุปได้ว่าความเร็วในการหมุนจาน มีผลต่อความดันด้านบนและด้านล่าง ของช่องว่างของแขนหัวอ่านในแต่ละชั้น ทำให้ผิวจานเกิดการสั่นสะเทือน ซึ่งมีผลกระทบต่อค่า ทอร์ค ที่แขนหัวอ่าน/เขียนข้อมูล [16] ซึ่งการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

ของ ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (HSA) จะต้องคำนึงถึง ตำแหน่งของหัวอ่าน/เขียนข้อมูล ให้มีสภาพที่ใช้งานได้นั่นคือ มุมของหัวอ่าน/เขียนข้อมูล ต้องขนานกับจาน [17]

การวิเคราะห์กระบวนการสเวจ ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ และมีการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้น ซึ่งพบว่าระยะของหัวอ่านที่กระดกขึ้นหรือลงนั้นเกิดจากการเสียรูปของชิ้นส่วน 2ชิ้น เกื้อหนุนกันอยู่ นั่นคือ แผ่นฐาน และแขนหัวอ่าน/เขียน ซึ่งในการเสียรูปของแผ่นฐาน จะมีลักษณะแอ่นเหมือนร่มที่ถูกกางออก [18] และมีการใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำนายพฤติกรรมการเกิดความเค้น ความเครียด และการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร (Plastic Deformation) ที่เกิดหลังผ่านกระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล (Ball Swaging Process) โดยปัจจัยที่ทำการศึกษามี 4 ปัจจัย คือ ขนาดของลูกบอล, ความเร็วของลูกบอล, ทิศทางของลูกบอล และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลูกบอลกับแผ่นฐาน ซึ่งปัจจัยทั้งหมดมีผลต่อค่าความต้านทานโมเมนต์บิด (Retention Torque) และมุมการกระดกของแผ่นฐาน โดยได้แนะนำการเลือกขนาดของลูกบอล คือ การใช้ลูกบอลที่มีขนาดใหญ่เพียงลูกเดียวยิง เพื่อให้ได้ HSA ที่มีค่าความต้านทานโมเมนต์บิดสูง อาจจะทำให้ชุดประกอบเสียรูปสูงเกินไปจนไม่สามารถใช้งานได้ จึงแนะนำให้ยิงลูกบอลหลายขนาดโดยเริ่มจากขนาดเล็กไปใหญ่ เพื่อให้ได้ค่าความต้านทานโมเมนต์บิด ตามต้องการและลดมุมการกระดกของแผ่นฐาน [19]

จะเห็นได้ว่ามีการศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับรูปร่างที่เหมาะสมของแผ่นฐาน หลายรูปแบบ ซึ่งแตกต่างกันไป รวมไปถึงการศึกษาเกี่ยวกับการใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วยวิเคราะห์ ผลของกระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล (Ball Swaging Process) ก็มีหลายรูปแบบ โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อกระบวนการ คือ ขนาดของลูกบอล ความเร็วของลูกบอล และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างลูกบอลกับแผ่นฐาน ส่วนงานวิจัยนี้จะใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) มาประยุกต์ในการวิเคราะห์ และทำนายพฤติกรรมการเกิดความเค้น และความต้านทานโมเมนต์ ศึกษาพฤติกรรมการเกิดความเค้น และความต้านทานโมเมนต์บิด (Retention Torque) ที่เกิดขึ้นหลังกระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล โดยตัวแปรที่ทำการศึกษามี 2 ส่วน คือ ความเร็วของลูกบอล, ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่าง ลูกบอลกับแผ่นฐาน และวัสดุของแขนหัวอ่าน/เขียนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ค่าปัจจัยดังกล่าวที่เหมาะสม พร้อมทั้งนำผลที่ได้จากกระบวนการจริง (Actual Ball Swaging) มาเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method, FEM) ซึ่งการวัดคุณภาพของชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จ (HSA) หลังกระบวนการสเวจโดยใช้ลูกบอล (Ball Swaging Process) จะดูจากค่าความต้านทานโมเมนต์บิด และการเสียรูปของแผ่นฐาน ที่จะส่งผลต่อหัวอ่าน/เขียน โดยจะมุ่งเน้นให้ชุดประกอบหัวอ่าน/เขียนสำเร็จมีค่าความต้านทานโมเมนต์บิดสูง และการเสียรูปของแผ่นฐาน ที่จะส่งผลต่อหัวอ่าน/เขียนต่ำ