บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive) จัดเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญยิ่งในคอมพิวเตอร์ หรือแม้แต่อุปกรณ์อื่นๆ เช่น กล้องถ่ายภาพ โทรทัศน์ โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น อีกทั้งอุตสาหกรรมการผลิตฮาร์ดดิสก์ มีการแข่งขันกันเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการ ของผู้บริโภค ประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่น เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงในทำนองเดียวกัน ความแม่นยำและน่าเชื่อถือของฮาร์ดดิสก์นั้นขึ้น อยู่กับประสิทธิภาพของชุดหัวอ่าน – เขียนข้อมูล (Head Stack Assembly) ซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญใน การอ่านเขียนข้อมูลลงในแผ่นข้อมูล (Media) ดังนั้นคุณสมบัติต่าง ๆ อันได้แก่ Retention Torque, Gramload และ Static Attitude จึงจำเป็นต้องกำหนดและควบคุมให้เหมาะสมตามความต้องการของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive) ของรุ่นนั้น ๆ

Ball Swaging Process ได้ถูกใช้เพื่อประกอบหัวอ่านเขียนกับ แขนของหัวอ่าน – เขียนข้อมูล (Arm Actuator) เส้นผ่านศูนย์กลางของ Ball จะใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของ Swage Boss เพื่อให้แรงจากการ Swage ไปทำให้ Swage Boss ขณะอยู่บนแขนของชุดอ่าน - เขียนข้อมูล (Arm Actuator) และทำให้หัวอ่าน - เขียนข้อมูล (Head Gimbal Assembly) เกาะติดอยู่บนแขนของชุดอ่าน - เขียนข้อมูล (Arm Actuator) อย่างถาวร [1] ในกระบวนการนี้จะต้องการให้เกิด Retention Torque สูงแต่ต้องการให้เกิดการเสียรูปน้อยที่สุด ซึ่งการเสียรูปนั้นส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติต่าง ๆ ของชุดหัวอ่าน – เขียนข้อมูล (Head Stack Assembly) ที่อาจทำให้เกิดการผิดพลาดในการอ่านเขียนของข้อมูล และคุณสมบัติ ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ดังนั้นจึงทำให้นักวิจัยให้ความสนใจในการศึกษาและทำความเข้าใจกระบวนการ Ball Swaging และผลกระทบที่เกิดขึ้น

การศึกษาผลกระทบที่เกิดจาก Ball Swaging Process นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การทำให้เกิด Retention Torque ให้ได้มากที่สุดและ อีกส่วนหนึ่งคือการศึกษาการเสียรูปของ Base Plate ที่จะทำให้ หัวอ่าน - เขียนข้อมูล (Head Gimbal Assembly) เสียรูปตามไปด้วย ในส่วนที่ 1 [2]ได้ศึกษา Ball Swaging process โดยใช้หลักวิเคราะห์คำนวณ เชิงตัวเลข (Numerical analysis) เพื่อต้องการทำความเข้าใจ เกี่ยวกับลักษณะการเปลี่ยนรูปของวัตถุ และศึกษาความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่า Retention Torque ซึ่งเป็นผลจาก ball swaging process โดยใช้แบบจำลองบางและหนาแบบสมมาตร (Thin and Thick Symmetrical Cylinder) เมื่อพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นแบบจำลอง พบว่าเมื่อวัสดุถูกแรงกระทำจากการ swage

จะเกิดความเค้น (Stress) ที่ส่งผลให้วัสดุมีระยะการเคลื่อนตัวในแนวรัศมี (Redial Displacement) ถ้าเคลื่อนตัวระยะมากกว่า 10^{-5} นิ้ว จะทำให้วัสดุเกิดการเปลี่ยนรูปอย่างถาวรเป็นแบบพลาสติก (Plastic Deformation) ซึ่งโดยปกติแล้วการ Swage จะทำให้วัสดุเกิดการเคลื่อนตัวมากกว่าค่านี้ และทำให้เกิดความเค้นถึงจุดคราก (Yield Point) หรือมากกว่า ตามทฤษฎีเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดไม่เป็นเชิงเส้น และค่าความเค้นถึงจุดครากหรือมากกว่าวัสดุ จะเปลี่ยนคุณสมบัติจาก elastic ไปเป็น plastic หรืออีกนับหนึ่งหมายความว่าวัสดุนั้นจะมีการเปลี่ยนรูปอย่างถาวร [3] ดังนั้นทำให้ทุกการศึกษาเกี่ยวกับ ball swaging process จะต้องกำหนดให้พิจารณาให้วัสดุมีการเปลี่ยนรูป อย่างถาวรแบบพลาสติกเสมอ ในกรณีของค่าในกรณีของค่า retention torque ได้ทำการเปรียบเทียบผลของวิเคราะห์คำนวณ เชิงตัวเลขกับค่าที่วัดได้จากงานจริงพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยใช้แบบจำลองทรงกระบอกบางเท่านั้น ยังไม่ได้ถูกตรวจสอบ สำหรับแบบจำลองทรงกระบอกหนา [4] ได้ใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear Finite Element Method) โดยทำการสร้างแบบจำลองสมมาตร (Symmetric Geometry) เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนรูปทรงของ boss และค่า Torque resistance ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงค่าของ swage process setting เช่นขนาดของ swage ball ความเร็วและทิศทางของ swage ball รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่าง boss กับ swage ball จากการ simulation โดยได้นำสมการการหาค่า Torque ของ Wadhwa มาประยุกต์ใช้ และทำการประมวลผลโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่า parameter ทีละตัว พบว่า ถ้ายิง swage ball ในแนวปกติ ขนาดของ swage ball ความเร็วของ swage ball และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่าง boss กับ swage ball มีค่ามากขึ้น จะส่งผลให้ค่า Torque resistance และมุมระหว่างรอยต่อของ baseplate กับ E-Block arm เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าค่า Torque resistance ที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการเข้าถึงข้อมูลของชุดหัวอ่านดีขึ้น ข้อเสียที่พบคือการเปลี่ยนรูปของ baseplate ก็มีมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง กำหนดค่า swage process setting ให้เหมาะสมเพื่อเกิดค่า Torque และการเปลี่ยนรูปให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ยังไม่มีการออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าผลที่เกิดจากการ simulation ถูกต้องตามการทดลองจริง [5] จึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสามมิติ (3D dimensional Finite Element Method) โดยทำการสร้างแบบจำลองเพื่อทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนรูปของ baseplate และค่า Retention torque บริเวณ inner arm ของ E-Blockซึ่งมี baseplate ยึดติดอยู่ทั้งหนึ่งและสองด้าน โดย swage ball ถูกกำหนดให้เป็นวัตถุแข็งเกร็ง (Rigidbody) และแบบจำลองถูกสร้างแบบสมมาตร (Symmetrical model) เพื่อลดระยะเวลาในการ simulation พบว่าเมื่อทำการยิง ball ด้วยความเร็วค่าหนึ่ง ๆ ค่าความเค้นที่กระทำต่อ E-Block arm จะเป็นแบบไม่สมมาตร(Asymmetric stress) และมีความแตกต่างกันตามจำนวน baseplate ที่ยึดติดอยู่ ขณะเดียวกันใน E-Block armเดียวกันที่มี

baseplate ยึดติดอยู่ทั้งส่วนด้านบนและล่าง เมื่อเกิดการเปลี่ยนรูป ค่า Torque resistance ที่เกิดขึ้นกับ baseplate ทั้งสองชิ้นจะแตกต่างกันด้วย โดยที่ baseplate ด้านบนจะเกิดการเปลี่ยนรูปง่ายและมากกว่าเนื่องจากผลกระทบสองส่วน คือ 1. แรงกระทำที่เกิดจากความเค้นที่บริเวณผิวของ Baseplate เองและ 2. ผลสืบเนื่องของแรงกระทำ ที่มาจากการแอ่นตัวเปลี่ยนรูปของ E-Block arm ดังนั้นถ้ามีการเพิ่มความหนาของ E-Block arm จะเป็นการ ลดแรงกระทำที่เกิดขึ้น และสามารถลดการเปลี่ยนรูปของ baseplate ด้านบนได้ งานวิจัยนี้ได้มีการออกแบบ การทดลองวัดค่าการเปลี่ยนรูปที่เกิดกับตัวงานจริงโดยใช้ Optical displacement sensor และ Laser-interferometer เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำกับผลที่เกิดจากการวิเคราะห์เชิงตัวเลข พบว่าค่าที่ได้ใกล้เคียงกัน ซึ่งสรุปได้ว่าการตั้งสมมุติฐานและวิเคราะห์ปัญหานั้นทำได้อย่างถูกต้อง จากทั้งสามการวิจัยที่กล่าวมาเป็นเพียงการศึกษาและวิเคราะห์ค่าปัจจัยต่าง ๆ ของ Ball swaging process ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการเปลี่ยนรูปของบริเวณ Baseplate เท่านั้น [6]ได้ใช้ระเบียบวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์แบบสามมิติ (3D dimensional Finite Element Method, FEM) โปรแกรมสำเร็จรูปชื่อว่า ANSYS/LS-DYNA ทำการวิเคราะห์และศึกษาเพิ่มเติมจนถึงผลที่กระทบ ต่อคุณสมบัติของชุดหัวอ่าน โดยทำการประมาณค่าผลกระทบต่อค่าของ Gram load ที่ส่งผลมาจากการเปลี่ยนรูปของ baseplate และ E-Block arm โดยแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นประกอบด้วย swage key ที่กำหนดคุณลักษณะเป็นวัสดุแข็ง(Rigid body) ในส่วนปลายของ E-Block arm baseplate และ swage ball เป็นส่วนที่เกิดการเปลี่ยนรูป พบว่าหลังจากทำการยิง swage ball และถอด swage key ออก จะพบว่าปลายของ E-block arm มีการแอ่นตัว ทำให้ปลายของ baseplate ทั้งสองด้านเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปจากเดิม โดยที่ baseplate ที่ติดอยู่ด้านบนของ E-block arm จะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า ซึ่งผลที่เกิดขึ้นนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Kenchiro Aoki ที่ได้กล่าวมาก่อนหน้านี้ หลังจากนั้นได้นำหัวอ่านข้อมูลติดเข้าไปกับส่วนของ baseplate เพื่อทำการประมวลผลต่อ เพื่อศึกษาค่า gram load ที่เปลี่ยนแปลง ค่า gram load ที่เปลี่ยนแปลงนั้นสามารถคำนวณได้จากผลการเปลี่ยนแปลงของค่า Slider z-height และค่า spring rate ของ suspension ในส่วนของหัวอ่านเขียนข้อมูล อีกทั้งผลที่ได้จากการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าหนึ่งเปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากงานจริง

จากที่กล่าวมาพบว่าส่วนใหญ่การวิเคราะห์หาการเปลี่ยนรูปและผลกระทบต่อคุณสมบัติของชุดหัวอ่าน จะใช้วิธีทางไฟไนต์อิลิเมนต์ในการแก้ปัญหาซึ่งเป็นวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขชนิดหนึ่ง สำหรับแก้สมการเชิงอนุพันธ์ ที่ต้องมีสมการ ควบคุมระบบและใช้เงื่อนไขขอบเขตเพื่อจะแก้สมการ [7] การประยุกต์เอาคอมพิวเตอร์หรือโปรแกรมสำเร็จรูป เข้ามาช่วยในการออกแบบ และประมวลผล ได้ถูกนำเอามาใช้อย่างกว้างขวางในปัจจุบันเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ชิ้นงาน และ

โครงสร้างลักษณะซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ก็เพื่อลดเวลา และค่าใช้จ่ายในการออกแบบ และ พัฒนาผลิตภัณฑ์ และก็เพื่อสร้างความมั่นใจว่า ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมานั้นสามารถผ่านการทดสอบได้ ผลคำตอบที่ ได้ก็เป็นที่ยอมรับและสอดคล้องเป็นอย่างดีกับการทดลองจริง