บทที่ 4
วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาชิ้นส่วนที่อยู่ในการะบวนการสเวจโดยใช้บอล

กระบวนการสเวจโดยใช้บอลในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสไดรฟ์นั้น คือการนำเอาชุดของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล (HGA) และแขนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล (Arm) มาประกอบเข้าด้วยกันดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งการประกอบนี้จะต้องมีองค์ประกอบอย่างอื่นที่ใช้ในการประกอบด้วย นั่นก็คือ ลูกบอลสเวจ (Swage ball) และ สเวจคีย์ (Swage Key) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ชุดของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล

ชุดของหัวอ่าน-เขียนข้อมูลนี้ ประกอบไปด้วยชิ้นส่วนหลักๆคือ หัวอ่าน-เขียนข้อมูล (Slider) โหลดอาร์ม (Load arm) และ เบสเพลท (Baseplate) โดยส่วนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูลนั้นจะมีสองแบบ คือ สำหรับประกอบแบบหงายหน้าขึ้น และ สำหรับประกอบแบบคว่ำหน้าลง ซึ่งสิ่งที่แตกต่างกันนั้นจะมีเพียงเส้นทางการเดินสายไฟเท่านั้น

1.2 แขนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล

แขนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล คือชิ้นส่วนที่รวมเอา ชุดของหัวอ่าน-เขียนข้อมูลหลายๆตัวทั้งแบบหงายหน้าขึ้นและคว่ำหน้าลงมารวมกัน และตัวของแขนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูลนั้นจะไปยึดอยู่กับฐานของไดรฟ์ (Drive base)

1.3 ลูกบอลสเวจ

ลูกบอลสเวจนั้นมีหน้าที่ในการเดินทางผ่านสเวจบอส (Swage boss) เพื่อทำให้สเวจบอสเกิดการขยายตัวและเกิดการเสียรูปอย่างถาวร ซึ่งลูกบอลสเวจที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีหลายขนาด ซึ่งได้นำขนาดมาจากการผลิตจริงเพื่อที่จะสามารถนำผลการของแบบจำลองไปเปรียบเทียบกับการผลิตจริงได้

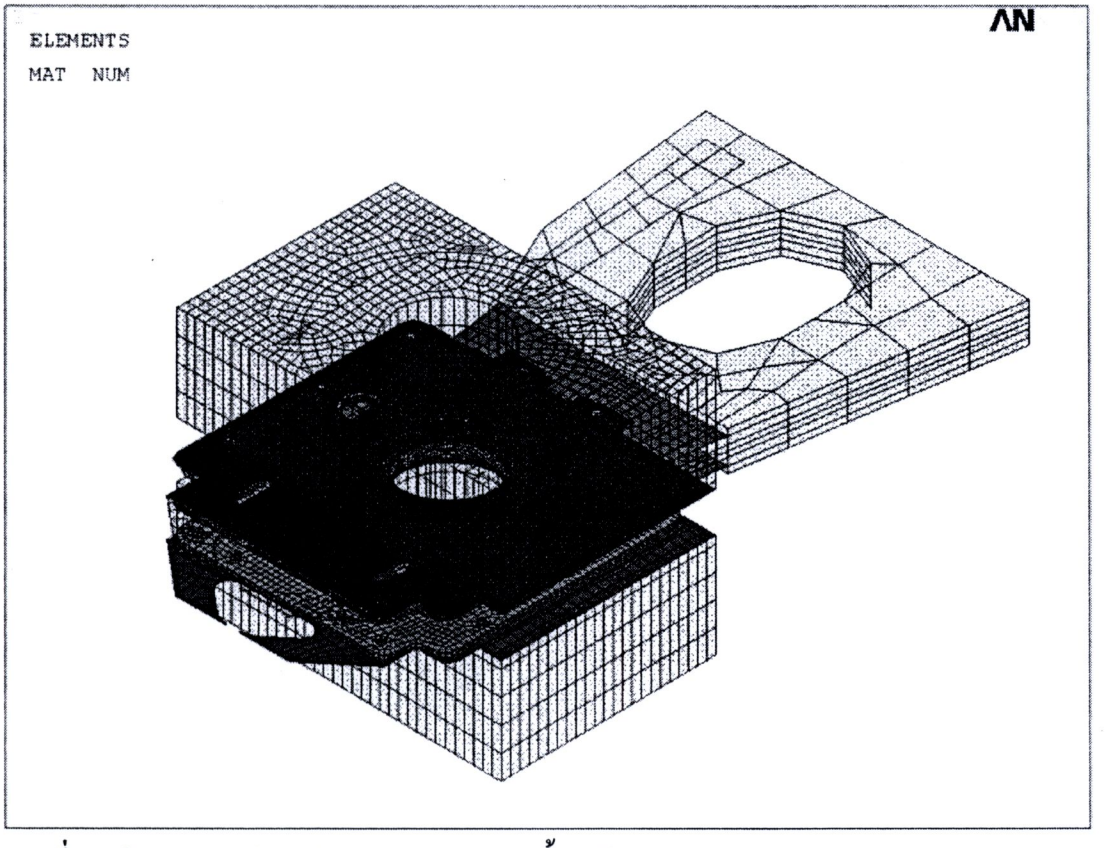
1.4 สเวจคีย์

สเวจคีย์นั้นมีหน้าที่ในการประกบชุดของหัวอ่าน-เขียนข้อมูลให้แนบกับแขนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูลให้แนบสนิทและอยู่กับที่ เพื่อให้ลูกบอลสเวจเดินทางผ่านได้ในแนวตรง

2. การศึกษาการเสียรูปจากกระบวนการสเวจโดยใช้บอลด้วยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์

2.1 การสร้างโมเดลของชิ้นส่วนในการสเวจโดยใช้บอลด้วย ANSYS Preprocessor

ในการสร้างโมเดลของการสเวจโดยใช้บอลตั้งต้นจะใช้ขนาดจริงของการตอกขึ้นรูปโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ANSYS และตำแหน่งการวางตัวของชุดการตอกขึ้นรูปทุกอย่างเหมือนในกระบวนการผลิตมีแต่เฉพาะตัว Swage Ball ที่สภาวะเริ่มต้นถูกกำหนดให้อยู่เหนือ Boss Tower และถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ลงตามแกน z ชุดของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล (HGA) และแขนของหัวอ่าน-เขียนข้อมูล (Arm) จะถูกตัดออกให้เหลือเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการตอกขึ้นรูปดังแสดงในภาพที่ 16 ซึ่งเป็นการลดทั้งขนาดและจำนวนเอลิเมนต์ ในการเตรียมแบบจำลองจะเริ่มจากการสร้างพื้นที่ก่อนเสมอแล้วขยายไปเป็นปริมาตร หลังจากที่ได้โมเดลและส่วนประกอบทั้งหมดแล้วจะกำหนดการเคลื่อนที่และการสัมผัสกันของแต่ละส่วนของการตอกขึ้นรูปจากนั้นใช้คำสั่ง Solve เพื่อคำนวณ



ภาพที่ 16 โมเดลและส่วนประกอบของการตอกขึ้นรูปโดย ANSYS

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย

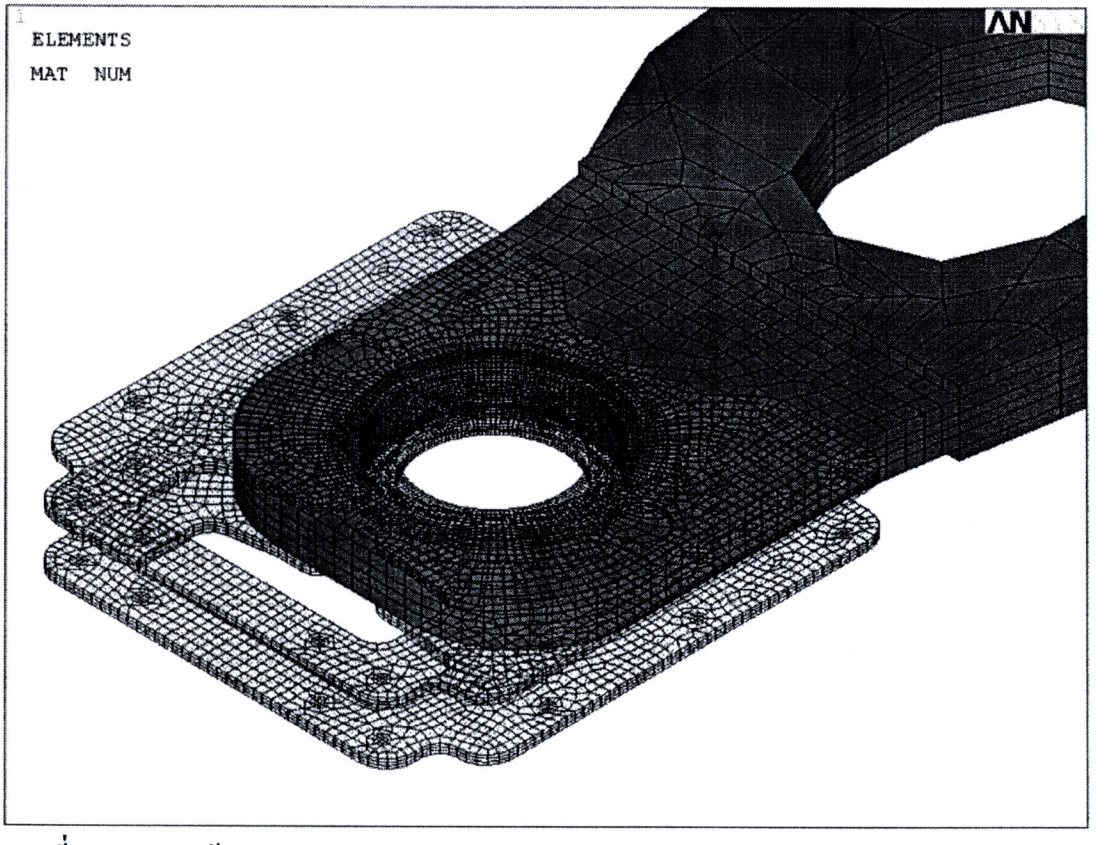
(ก)

(ข)

ภาพที่ 17 ตัวอย่างโมเดลการตอกขึ้นรูปโดย ANSYS
ก) พื้นที่ที่ถูกสร้างก่อนจะเป็นปริมาตร ข) ปริมาตรที่เริ่มต้นจากพื้นที่

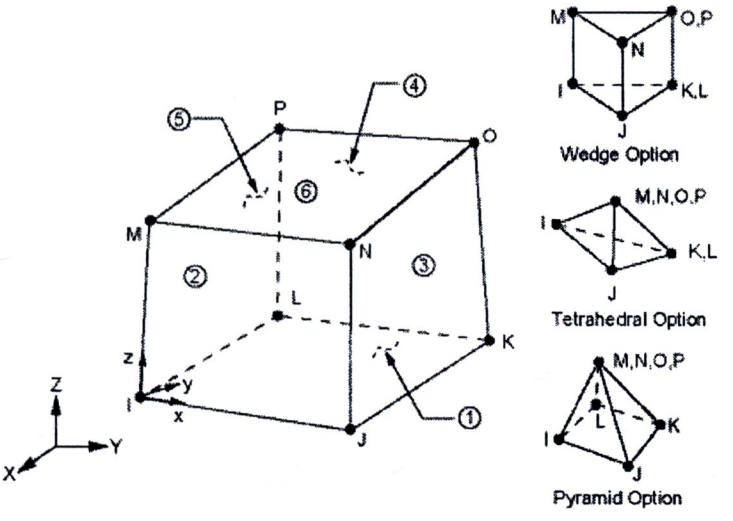
2.2 การสร้างเมซ (Mesh) และการกำหนดชนิดของอิลิเมนต์และการสร้างอิลิเมนต์

ในการสร้างเมซจะกำหนดให้ขนาดของเมซที่บริเวณที่เราสนใจบริเวณที่มีการสัมผัสกันให้มีขนาดเล็กและบริเวณอื่นๆ จะกำหนดให้มีขนาดที่ใหญ่ขึ้นเพื่อลดเวลาในการคำนวณ ดังแสดงในภาพที่ 18 การเลือกขนาดเมซที่เหมาะสมระหว่างชิ้นส่วนที่มีการสัมผัสกันถูกกำหนดให้มีขนาดประมาณเท่ากันมีส่วนทำให้คำตอบที่ได้มีความแม่นยำยิ่งขึ้นและลดปัญหาที่เกิดจากการสัมผัสกันทำให้เกิด BUG ในระหว่างคำนวณ โดยในการสร้างนั้นจะเริ่มต้นจากการสร้างพื้นที่ดังภาพที่ 17(ก) แล้วหลังจากนั้นทำการสร้างปริมาตรจากพื้นที่ดังภาพที่ 17(ข)



ภาพที่ 18 การสร้างและการกำหนดขนาดของเมซ

อิลิเมนต์ SOLID 164 ดังภาพที่ 19[9] จะใช้กับ Arm, HGA, Swage ball และชิ้นจับยึดอื่นๆ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะ 3 มิติ กล่าวคือ มีรูปทรงที่เป็นปริมาตร SOLID 164 จะมีการเคลื่อนที่ทั้งหมด 3 องศาอิสระ คือ การเคลื่อนที่ในแนวแกน X (UX) การเคลื่อนที่ในแนวแกน Y (UY) และการเคลื่อนที่ในแนวแกน Z (UZ)



ภาพที่ 19 อิลิเมนต์ SOLID 164[9]

2.3 เงื่อนไขขอบเขตของงานวิจัย

หลังจากที่สร้างเมซในข้อ 1.2 เรียบร้อยแล้วก็ทำการกำหนดการสัมผัสกันของแต่ละชิ้นส่วนของการตอกขึ้นรูป ซึ่งสามารถกำหนดเงื่อนไขการสัมผัสกันเป็นแบบ STS (Surface To Surface) สำหรับ Swage Ball กับ Boss tower และ Arm Hole กับ Boss tower สำหรับชิ้นส่วนอื่นๆถูกกำหนดให้เป็น ASSC (Automatic Single Surface Contact) หลังจากนั้นกำหนด Load Curve สำหรับการเคลื่อนที่ของ Swage Ball และชิ้นส่วนที่ถูกกำหนดให้หยุดนิ่งและเคลื่อนที่เพื่อแยก Spacer key ออกหลังจาก Swage Ball ได้ผ่าน Boss tower

ในการกำหนดคุณสมบัติของแบบจำลอง ชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นส่วนแข็งเกร็ง (Rigid body) ได้แก่ swage ball และชิ้นส่วนที่เกิดการเสียรูป (Deformable body) ได้แก่ Actuator armhole, hinge และ baseplate boss tower และคุณสมบัติของวัสดุที่กำหนดในแบบจำลองในส่วนของแผ่นฐาน (baseplate) ข้อพับ (hinge) และ ชุดรองรับหัวอ่าน (suspension) ที่เกิดการเสียรูปจะกำหนดเป็น Bilinear Isotropic และ แขนควบคุม (Actuator arm) จะกำหนดเป็น Bi-linear kinematics hardening.

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของวัสดุที่กำหนดในแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์

คุณสมบัติของวัสดุ	ชนิดของวัสดุ	
	Stainless steel	Aluminum
Elastic modulus, E (GPa)	190	71
Yield stress, σ_y (MPa)	206	275
Poisson ratio (υ)	0.32	0.33
Mass density, ρ (kg/m^3)	7889	2700

2.4 การบันทึกข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง

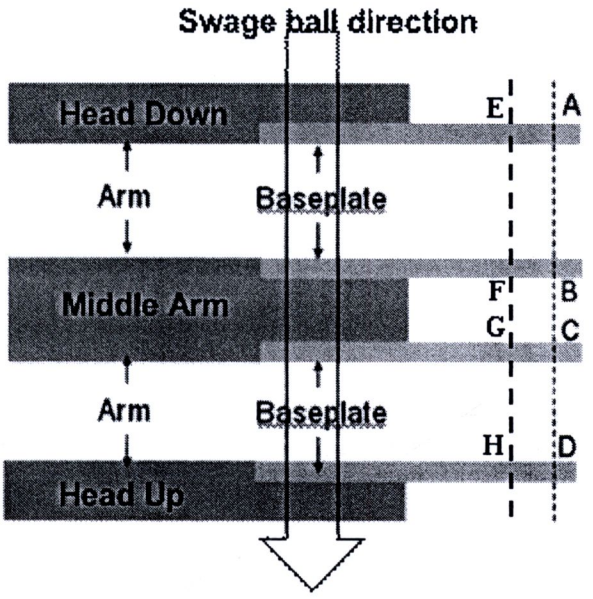
ในการบันทึกข้อมูลที่ได้จากแบบนำลองนั้นจะทำการบันทึกค่าที่เกิดขึ้นจากการเสียรูปของเบสเพลทหลังจากกระบวนการสเวจโดยใช้บอล โดยจะวัดค่าระยะความสูงเปลี่ยนแปลงของเบสเพลท (Tip Height) และ มุมก้ม-เงยของเบสเพลท (Tip Pitch) ซึ่งเป็นค่าที่จะทำไปป้อนให้กับแบบจำลองการศึกษาค่า PSA ต่อไป โดยตำแหน่งในการวัดจะเป็นตำแหน่งเดียวกับที่วัดในการผลิตจริง โดยที่เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตจริงนั้นได้ผ่านการตรวจสอบความแม่นยำทางสถิติซึ่งเรียกว่าการทดสอบจีอาร์แอนด์อาร์ (GR&R) [12] และลักษณะในการวัดนั้นเป็นดังนี้

2.4.1 การวัดค่าระยะความสูงเปลี่ยนแปลงของเบสเพลท

ค่าระยะความสูงเปลี่ยนแปลงของเบสเพลทนั้น จะทำการวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของความสูงที่เกิดขึ้นที่เบสเพลทตามตำแหน่งดังภาพที่ 20 ณ ตำแหน่ง A, B, C และ D

2.4.2 การวัดค่ามุมก้ม-เงยของเบสเพลท

ค่ามุมก้ม-เงยของเบสเพลทนั้น เป็นค่ามุมที่คำนวนมาจากค่าความแตกต่างความสูงระหว่างจุดสองจุด นั่นก็คือความแตกต่างระหว่างความสูงของตำแหน่ง A-E, B-F, C-G และ D-H ตามภาพที่ 20



ภาพที่ 20 ตำแหน่งในการบันทึกข้อมูลบนเบสเพลท

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบความถูกต้องของผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบความถูกต้องของผลการทดลองนั้น กระทำโดยการนำผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรม ANSYS มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จากการผลิตจริง เนื่องจากการผลิตจริงจะมีการวัดข้อมูลดังกล่าวเป็นปกติ จึงทำให้มีจำนวนข้อมูลเป็นจำนวนมากมาเฉลี่ย โดยการนำข้อมูลที่วัดได้จากการผลิต 1000 ข้อมูลและนำข้อมูลมาเฉลี่ยเพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อหาค่าความผิดพลาดและสรุปผลการทดลองต่อไป

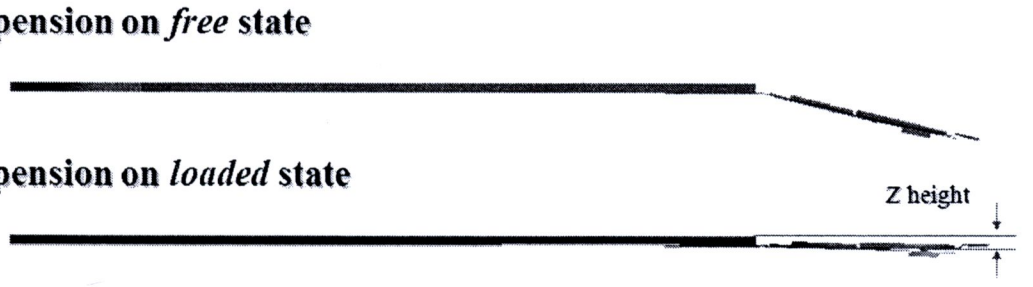
3. การศึกษาค่า PSA ที่เปลี่ยนไปจากการเสียรูปของการตอกขึ้นรูปโดยวิธีไฟไนท์เอลิเมนต์

3.1 โมเดลของชิ้นส่วนที่ใช้ในการศึกษาค่า PSA และการสร้างเมช

ในการสร้างโมเดลสำหรับการศึกษาค่า PSA นั้น จะทำการสร้างชิ้นส่วนเต็มของชุดแขนจับหัวอ่าน (HGA) โดยการสร้างโมเดลนั้นจะทำการสร้างชุดแขนจับหัวอ่านในขณะที่ไม่มีแรงภายนอกกระทำ (Free Stage) ดังแสดงในภาพที่ 21

3.2 เงื่อนไขขอบเขตของงานวิจัย

หลังจากสร้างโมเดลและเมชเรียบร้อยในลักษณะที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำแล้วก็จะทำการป้อนแรงเข้าไปที่ตำแหน่งของหัวอ่าน เพื่อให้ตำแหน่งของหัวอ่านไปอยู่ที่ระดับใช้งาน (Z-Height) ดังแสดงในภาพที่ 21 หลังจากนั้นก็ทำการป้อนค่า ค่าระยะความสูงเปลี่ยนแปลงของเบสเพลท และ ค่ามุมก้ม-เงยของเบสเพลท ที่ได้จากผลการทดลองในข้อที่ 2



ภาพที่ 21 Free stage and load stage

ชิ้นส่วนของชุดแขนจับหัวอ่านนี้ทำมาจาก Stainless steel ซึ่งสามารถดูรายระเอียดได้ในตารางที่1 และคุณสมบัติของวัตถุที่กำหนดในโมเดลจะเป็นแบบ Bilinear Isotropic

3.3 การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ

ในการบันทึกข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ANSYS โปรแกรมจะทำการบันทึกค่าของค่า PSA จากค่าระยะความสูงเปลี่ยนแปลงของเบสเพลท และ ค่ามุมก้ม-เงยของเบสเพลท ที่ป้อนเข้าไป

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบความถูกต้องของผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและทดสอบความถูกต้องของผลการทดลองนั้น กระทำโดยการนำผลการทดลองที่ได้จากโปรแกรม ANSYS มาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากการผลิตจริง เพื่อนำค่าความแตกต่างไปปรับปรุงแบบจำลอง