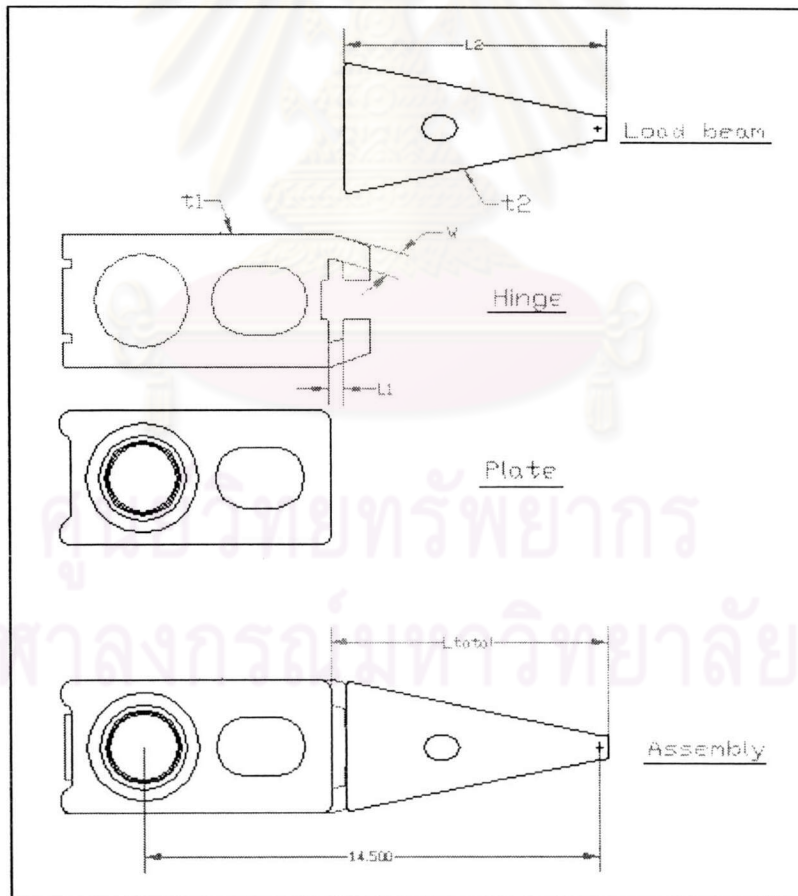


บทที่ 8

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยของแขนจับหัวอ่าน/เขียนประเภทเบสเพลตใน
รุ่นความยาว 14.5 ม.ม. ต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์คในขณะที่ย่าน/เขียนยังคงอยู่
บนแผ่นดิสก์ (G-to-Lift off) ที่สภาวะ Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms และ
ความถี่ธรรมชาติที่จะเกิดกำทอนในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) และศึกษาความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่าง
ความเร็วของหัวอ่าน/เขียนขณะตกกระทบบนแผ่นดิสก์กับค่า G-to-Lift off ของแขนจับหัวอ่าน/เขียน
นั้นเมื่ออยู่ในสภาวะชอร์คระดับเกินค่า G-to-Lift off โดยผลิตภัณฑ์ต้นแบบจะไม่เชื่อมประกอบกับ
Trace Laminated Gimbal ซึ่งเป็นชิ้นส่วนประกอบหนึ่งของแขนจับหัวอ่าน/เขียนและจะไม่มีผลต่อ
การเปรียบเทียบความต้านทานชอร์คและความถี่ธรรมชาติในโหมดที่ศึกษาของการทดลอง เนื่องจาก
เป็นเสมือนการหักมวลงจากผลิตภัณฑ์เท่านั้น ลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบแสดงดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ทำการศึกษา

ปัจจัย (Factors) และระดับ (Levels) ที่ทำการศึกษาร่วมกัน (พิจารณารูปที่ 8.1 ประกอบ)

1) ความหนาของ Hinge (t_1) มี 2 ระดับ

ระดับที่ 1 : $t_1 = 0.030$ ม.ม.

ระดับที่ 2 : $t_1 = 0.038$ ม.ม.

2) ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W) มี 2 ระดับ

ระดับที่ 1 : $W = 0.600$ ม.ม.

ระดับที่ 2 : $W = 0.800$ ม.ม.

3) ความหนาของ Load beam (t_2) มี 2 ระดับ

ระดับที่ 1 : $t_2 = 0.076$ ม.ม.

ระดับที่ 2 : $t_2 = 0.120$ ม.ม.

4) อัตราส่วนของ L_1/L_{total} เมื่อ L_1 : Spring Length และ L_{total} : Total Length ($L_1 + L_2 = 8.73$ มม. เมื่อ L_2 : Load beam Length) มี 2 ระดับ

ระดับที่ 1 : $L_1/L_{total} = 0.037$ ม.ม.

ระดับที่ 2 : $L_1/L_{total} = 0.078$ ม.ม.

ผลตอบที่ทำการศึกษา (Response)

1) ศึกษาในรูปแบบของการออกแบบการทดลอง (DOE)

1.1) G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms (หน่วยคือ G's)

1.2) G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms (หน่วยคือ G's)

1.3) ความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency, หน่วยคือ kHz)

2) ศึกษาความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างความเร็วของหัวอ่าน/เขียนขณะตกกระทบบนแผ่นดิสก์

กับค่า G-to-Lift off

8.1.1 อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนต่อค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration ต่างกัน 2 สภาวะ (Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms)

จากผลการทดลองในบทที่ 6 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms มากที่สุดก็คือผลหลักของความหนาของ Load beam (t_2) 46.6 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นผลหลักของความหนาของ Hinge (t_1) 12.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นผลจากอันตรกิริยา 2 ทาง 3 ทางระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ตัวประมาณ 28.8 เปอร์เซ็นต์ และอีก 12.1 เปอร์เซ็นต์เป็นความผันแปรอันเกิดจากสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ สำหรับค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่า G-to-Lift off ที่สภาวะนี้มากที่สุดก็คือผลหลักของความหนาของ Load beam (t_2) 60.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นผลจากอันตรกิริยา 2 ทาง 3 ทางระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ตัวประมาณ 30.5 เปอร์เซ็นต์ และอีก 8.6 เปอร์เซ็นต์เป็นความผันแปรอันเกิดจากสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าความหนาของ Load beam (t_2) มีอิทธิพลต่อค่า G-to-Lift off มากที่สุดในทั้ง 2 สภาวะของ Shock Pulse Duration

สามารถสรุปแนวโน้มของแต่ละปัจจัยได้ดังตารางที่ 8.1 และขนาดของผลตอบได้ดังตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.1 แสดงแนวโน้มของแต่ละปัจจัยที่ทำให้ G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms มีค่าสูงขึ้น

ปัจจัย (Factors)	ผลตอบ (Response)	
	G-to-Lift-off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms	G-to-Lift-off ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms
L_1/L_{total}	ระดับสูง (ยาวขึ้น)	ระดับสูง (ยาวขึ้น)
t_1	ระดับต่ำ (บางลง)	ระดับสูง (หนาขึ้น)
t_2	ระดับต่ำ (บางลง)	ระดับต่ำ (บางลง)
W	ระดับสูง (กว้างขึ้น)	ระดับสูง (กว้างขึ้น)

ตารางที่ 8.2 แสดงค่า G-to-Lift off ของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms

สภาวะของปัจจัย	ผลตอบ (Responses)			
	G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms		G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms	
	ค่าที่อ่านได้	ลดลงจากค่าสูงสุด	ค่าที่อ่านได้	ลดลงจากค่าสูงสุด
1) ผลตอบแต่ละตัวมีค่าสูงสุด	86.11	-	64.45	-
2) ปรับระดับของปัจจัยให้ G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms มีค่าสูงสุด	86.11	-	47.08	17.37 (26.95%)
3) ปรับระดับของปัจจัยให้ G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms มีค่าสูงสุด	80.11	6.0 (6.97%)	64.45	-

จากตารางที่ 8.1 และ 8.2 อิทธิพลของปัจจัยที่มีแนวโน้มเหมือนกันที่ทำให้ค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms มีค่าสูงขึ้นก็คือ อัตราส่วนของ L_1/L_{total} จะต้องยาวขึ้น ความหนาของ Load beam (t_2) จะต้องบางลง และความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W) จะต้องกว้างขึ้น สำหรับอิทธิพลของปัจจัยที่มีแนวโน้มตรงกันข้ามก็คือ ความหนาของ Hinge (t_1) นั่นคือเมื่อต้องการให้แขนจับหัวอ่าน/เขียนมีค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms สูงขึ้นจะต้องให้ความหนาของ Hinge (t_1) บางลง ซึ่งจะกระทบกับค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms มีค่าลดลงประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อความหนาของ Hinge (t_1) เปลี่ยนจาก 0.038 ม.ม. เป็น 0.030 ม.ม.) แต่ถ้าต้องการให้แขนจับหัวอ่าน/เขียนมีค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms สูงขึ้นจะต้องให้ความหนาของ Hinge (t_1) หนาขึ้น ซึ่งจะกระทบกับค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms มีค่าลดลงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อความหนาของ Hinge (t_1) เปลี่ยนจาก 0.038 ม.ม. เป็น 0.030 ม.ม.) นั่นแสดงว่าแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นหนึ่งๆจะมีคุณสมบัติของค่า G-to-Lift off ดีเลิศที่สภาวะ Shock Pulse Duration หนึ่งเท่านั้นเมื่อเปรียบเทียบกับแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นอื่น แต่เมื่อเกิดชอร์คที่สภาวะ Shock Pulse Duration ช่วงอื่นแล้วแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นนี้อาจมีคุณสมบัติของค่า G-to-Lift off ดีกว่าแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นอื่นที่เปรียบเทียบกับกันก็ได้ ดังนั้นการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนจำเป็นต้องคำนึงถึงสภาวะชอร์คที่อาจเกิดขึ้นว่าอยู่ในสภาวะ Shock Pulse Duration ช่วงใดด้วย

8.1.2 อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนต่อค่าความถี่ธรรมชาติที่จะเกิดกำทอนในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) และผลกระทบที่เกิดจากการออกแบบขนาดของปัจจัยของแขนจับหัวอ่าน/เขียนเพื่อมุ่งให้ได้ค่า G-to-Lift off สูงสุด

จากผลการทดลองในบทที่ 6 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) มากที่สุดก็คือผลหลักของความหนาของ Hinge (t_1) 44.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นผลหลักของอัตราส่วนของ L_1/L_{total} 33.3 เปอร์เซ็นต์ และเป็นผลจากอันตรกิริยา 2 ทาง 3 ทางระหว่างปัจจัยทั้ง 4 ตัวประมาณ 21.8 เปอร์เซ็นต์ และอีก 0.7 เปอร์เซ็นต์เป็นความผันแปรอันเกิดจากสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งสามารถสรุปแนวโน้มของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลให้ความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์สูงขึ้นได้ดังตารางที่ 8.3

ตารางที่ 8.3 สรุปแนวโน้มของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลให้ความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์สูงขึ้น

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย
L_1/L_{total}	ระดับต่ำ (L_1 สั้นลง)
t_1	ระดับสูง (หนาขึ้น)
t_2	ระดับสูง (หนาขึ้น)
W	ระดับสูง (กว้างขึ้น)

จากตารางที่ 8.1 และ 8.3 จะเห็นว่าแนวโน้มของบางปัจจัยตรงข้ามกันเมื่อต้องการให้ค่าของผลตอบสูงขึ้น นั่นแสดงว่าการออกแบบให้แขนจับหัวอ่าน/เขียนมีค่า G-to-Lift off สูงสุดจะต้องส่งผลกระทบต่อความสามารถของความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) มีค่าลดลง ดังแสดงผลในตารางที่ 8.4

ตารางที่ 8.4 แสดงขนาดของความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) เมื่อออกแบบให้แขนจับหัวอ่าน/เขียนมีค่า G-to-Lift off สูงสุด

สภาวะของปัจจัย	ผลตอบ (Responses)					
	G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms		G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms		ความถี่ธรรมชาติในโหมด สเวย์ (kHz)	
	ค่าที่อ่านได้	ลดลงจากค่าสูงสุด	ค่าที่อ่านได้	ลดลงจากค่าสูงสุด	ค่าที่อ่านได้	ลดลงจากค่าสูงสุด
1) ผลตอบแต่ละตัวมีค่าสูงสุด	86.11	-	64.45	-	15.01	-
2) ปรับระดับของปัจจัยให้ G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms มีค่าสูงสุด	86.11	-	47.08	17.37 (26.95%)	11.07	3.94 (26.25%)
3) ปรับระดับของปัจจัยให้ G-toLift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms มีค่าสูงสุด	80.11	6.0 (6.97%)	64.45	-	13.2	1.81 (12.06%)

ผลจากตารางที่ 8.4 จะเห็นว่าเมื่อออกแบบให้แขนจับหัวอ่าน/เขียนมีค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms มีค่าสูงสุดแล้วค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) จะลดลงประมาณ 26.25 เปอร์เซ็นต์ (ผลจากความหนาของ Load beam (t_2) เปลี่ยนจาก 0.120 ม.ม. เป็น 0.076 ม.ม. และความหนาของ Hinge เปลี่ยนจาก 0.038 ม.ม. เป็น 0.030 ม.ม. และอัตราส่วนของ L_1/L_{total} เปลี่ยนจาก 0.037 ม.ม. เป็น 0.078 ม.ม.) และเมื่อออกแบบให้แขนจับหัวอ่าน/เขียนมีค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms มีค่าสูงสุดแล้วค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) จะลดลงประมาณ 12.06 เปอร์เซ็นต์ (ผลจากความหนาของ Load beam (t_2) เปลี่ยนจาก 0.120 ม.ม. เป็น 0.076 ม.ม. และอัตราส่วนของ L_1/L_{total} เปลี่ยนจาก 0.037 ม.ม. เป็น 0.078 ม.ม.)

8.1.3 แนวโน้มของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนเมื่อคำนึงถึงทุกผลตอบร่วมกัน (G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms และความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency)) เพื่อให้ได้ค่ามากที่สุดที่สุดในทุกผลตอบ (Maximize All Responses)

จากผลการทดลองในบทที่ 6 สามารถสรุปแนวโน้มการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนได้ดังตารางที่ 8.5 และผลเปรียบเทียบขนาดของผลตอบเมื่อพิจารณาอิสระต่อกันกับพิจารณาทุกผลตอบร่วมกันของผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้ดังตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.5 แสดงแนวโน้มของแต่ละปัจจัยเมื่อต้องการให้ทุกผลตอบมีค่ามากที่สุด

ปัจจัย	แนวโน้มของปัจจัย
1) อัตราส่วนของ L_1/L_{total}	ยาวขึ้น
2) ความหนาของ Hinge (t_1)	หนาขึ้น
3) ความหนาของ Load beam (t_2)	บางลง
4) ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)	กว้างขึ้น

ตารางที่ 8.6 แสดงค่าพยากรณ์เปรียบเทียบของผลตอบเมื่อพิจารณาอิสระต่อกันกับพิจารณา
ทุกผลตอบร่วมกัน

ผลตอบ	แต่ละผลตอบ อิสระต่อกัน	ทุกผลตอบถูก พิจารณาร่วมกัน	ผลต่าง (ส่วนลด)	
			ค่าจริง	เปอร์เซ็นต์
G-to-Lift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms	86.11	80.11	6.00	6.97%
G-to-Lift off (G's) ที่ Shock Pulse Duration 0.35 ms	64.45	64.45	0.00	0%
Sway Frequency (kHz)	15.01	13.20	1.81	12.06%

หมายเหตุ : ผลต่าง = ผลตอบเมื่ออิสระต่อกัน - ผลตอบเมื่อพิจารณาร่วมกัน

ความหนาของ Load beam (t_2) มีแนวโน้มบางลงและอัตราส่วนของ L_1/L_{total} มีแนวโน้มยาวขึ้นเพื่อคงรักษาความสามารถของค่า G-to-Lift off ในทุกสภาวะ Shock Pulse Duration ให้มีค่าสูง แต่จะส่งผลกระทบต่อความสามารถของความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) ลดลงประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ (ผลจากความหนาของ Load beam (t_2) เปลี่ยนจาก 0.120 ม.ม. เป็น 0.076 ม.ม. และอัตราส่วนของ L_1/L_{total} เปลี่ยนจาก 0.037 ม.ม. เป็น 0.078 ม.ม.) สำหรับความหนาของ Hinge (t_1) มีแนวโน้มหนาขึ้นเพื่อคงรักษาความสามารถของความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) ให้มีค่าสูง แต่จะส่งผลกระทบต่อความสามารถของค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms ลดลงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (ผลจากความหนาของ Hinge (t_1) เปลี่ยนจาก 0.030 ม.ม. เป็น 0.038 ม.ม.) สำหรับความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W) มีแนวโน้มกว้างขึ้นซึ่งจะส่งเสริมให้ทุกๆผลตอบมีค่าสูงขึ้น

ผลจากความหนาของ Load beam (t_2) มีแนวโน้มบางลงและอัตราส่วนของ L_1/L_{total} มีแนวโน้มยาวขึ้น จะส่งผลให้มวลของ Load beam มีแนวโน้มลดลง ซึ่งจะสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา (รายละเอียดดูในบทที่ 2) ที่กล่าวว่ามวลของ Load beam มีผลต่อค่า G-to-Lift off แขนจับหัวอ่าน/เขียนที่มีมวลของ Load beam น้อยจะมีค่า G-to-Lift off สูงกว่าแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่มีมวลของ Load beam มาก สำหรับผลจากความหนาของ Hinge (t_1) มีแนวโน้มหนาขึ้นและความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W) มีแนวโน้มกว้างขึ้น จะส่งผลให้โครงสร้างของ Hinge มีแนวโน้มแข็งแรงขึ้น ซึ่งจะสอดคล้องกับทฤษฎีพื้นฐานของความถี่ธรรมชาติของวัสดุ (รายละเอียดดูในบทที่ 3) ที่กล่าวว่าความถี่ธรรมชาติของวัสดุจะแปรผันตามกับความแข็งแรงของวัสดุ

การปรับปรุงคุณภาพของแขนจับหัวอ่าน/เขียนภายหลังจากมีข้อมูลการทดสอบจริงรอบแรก ยืนยันแล้วและต้องการเพิ่มคุณภาพ (Re-design) อาจกระทำได้อดังนี้

1) ถ้าเพิ่มความสามารถของค่า G-to-Lift off ควรจะแก้ไขที่ Load beam โดยวิธีการลดความหนา (ลด t_2) เพื่อลดมวล แต่บางครั้งไม่สามารถลดความหนาของ Load beam ได้ ดังนั้นอาจใช้วิธีเจาะรูหรือทำ Partial Etched ที่ Load beam แทนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) น้อยมาก

2) ถ้าเพิ่มความสามารถของค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) ควรจะแก้ไขที่ความแข็งแรงของ Hinge โดยวิธีการเพิ่มความกว้างบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริงของ Hinge (W) ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อความสามารถด้านทานสภาวะช็อกที่สภาวะใดๆเลย หรืออาจจะเพิ่มความหนาของ Hinge (t_1) แต่จะส่งผลกระทบต่อความสามารถของค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 ms ลดลงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อความหนาของ Hinge (t_1) เปลี่ยนจาก 0.030 ม.ม. เป็น 0.038 ม.ม.)

8.1.4 ความสัมพันธ์เชิงสถิติระหว่างความเร็วของหัวอ่าน/เขียนขณะตกกระทบบนแผ่นดิสก์กับค่า G-to-Lift off ของแขนจับหัวอ่าน/เขียน เมื่อแขนจับหัวอ่าน/เขียนอยู่ในสภาวะช็อกระดับเกินค่า G-to-Lift off

จากผลการทดลองในบทที่ 6 สามารถสรุปได้ว่าแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่มีค่า G-to-Lift off สูงเมื่ออยู่ในสภาวะช็อกระดับเกินค่า G-to-Lift off และเกิด Head Slap ความเร็วของหัวอ่าน/เขียนขณะตกกระทบบนแผ่นดิสก์จะมีแนวโน้มสูงตามอย่างมีนัยสำคัญด้วยความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นนี้แฝงอยู่ในรูปของมวลของ Load beam ซึ่งแปรผันตามความหนา (t_2) นั่นคือเมื่อความหนาของ Load beam (t_2) บางลง ทำให้มวลของ Load beam ลดลงและทำให้ค่า G-to-Lift off สูงขึ้นแล้วความเร็วตกกระทบของหัวอ่าน/เขียนขณะเกิด Head Slap นี้จะมีแนวโน้มสูงขึ้น และในทางตรงกันข้ามเมื่อความหนาของ Load beam (t_2) หนาขึ้น ทำให้มวลของ Load beam ลดลงและทำให้ค่า G-to-Lift off ลดลงแล้วความเร็วตกกระทบของหัวอ่าน/เขียนขณะเกิด Head Slap นี้จะมีแนวโน้มลดลง

ดังนั้นการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนหลังจากที่ออกแบบให้มีความสามารถของค่า G-to-Lift off สูงๆโดยการลดความหนาของ Load beam (t_2) (ลดมวลลง) แล้วจำเป็นต้องออกแบบส่วนอื่นเพิ่มเติม เช่น มี Roof ที่ Load beam หรือ Limiter ที่ Gimbal เป็นต้น เพื่อช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของ Gimbal ในขณะเกิด Head Slap ให้หัวอ่าน/เขียนมีความเร็วตกกระทบลดลง ป้องกันไม่ให้แผ่นดิสก์และหัวอ่าน/เขียนเกิดความเสียหาย

8.1.5 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element)

8.1.5.1 เปรียบเทียบในเชิงดูแนวโน้มการออกแบบ

จากผลการทดลองในบทที่ 7 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8.7

ตาราง 8.7 สรุปเปรียบเทียบแนวโน้มการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนเพื่อให้ได้ค่า G-to-Lift off สูง จากข้อมูลที่คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย		แนวโน้มการออกแบบ	
	ไฟไนต์เอลิเมนต์	ทดสอบจริง	ไฟไนต์เอลิเมนต์	ทดสอบจริง
อัตราส่วนของ L_1/L_{total}	ระดับสูง(0.078)	ระดับสูง(0.078)	อัตราส่วนของ L_1/L_{total} ยาวขึ้น	อัตราส่วนของ L_1/L_{total} ยาวขึ้น
ความหนาของ Hinge (t_1)	ระดับสูง(0.038)	ระดับสูง(0.038)	ความหนาของ Hinge หนาขึ้น	ความหนาของ Hinge หนาขึ้น
ความหนาของ Load beam (t_2)	ระดับต่ำ(0.076)	ระดับต่ำ(0.076)	ความหนาของ Load beam บางลง	ความหนาของ Load beam บางลง
ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)	ระดับสูง(0.800)	ระดับสูง(0.800)	ความกว้างของ Hinge กว้างขึ้น	ความกว้างของ Hinge กว้างขึ้น

แนวโน้มการออกแบบของปัจจัยของแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่ได้ข้อมูลจากการคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริงมีแนวโน้มการออกแบบตรงกันในทุกปัจจัย ดังนั้นความน่าเชื่อถือของข้อมูลจากไฟไนต์เอลิเมนต์ในเชิงดูแนวโน้มการออกแบบนี้สามารถเชื่อถือได้ 100 เปอร์เซ็นต์

8.1.5.2 เปรียบเทียบในเชิงปริมาณของข้อมูล

จากผลการทดลองในบทที่ 7 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8.8

ตาราง 8.8 สรุปเปรียบเทียบขนาดของค่า G-to-Lift off ที่คำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์กับการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง

วิธีการ	ผลเฉลี่ยของค่า G-to-Lift off (G's)	ผลต่าง (G's) (ไฟไนต์เอลิเมนต์ – การทดสอบจริง)
ไฟไนต์เอลิเมนต์	110.7	48.72
การทดสอบจริง	61.9	

ขนาดของค่า G-to-Lift off ที่ได้จากการคำนวณโดยไฟไนต์เอลิเมนต์และการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริงมีความต่างกันประมาณ 78.7 เปอร์เซ็นต์ หรือเกือบ 2 เท่าโดยข้อมูลจากไฟไนต์เอลิเมนต์สูงกว่าการทดสอบผลิตภัณฑ์ต้นแบบจริง ดังนั้นขนาดของข้อมูลที่คำนวณได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์ครั้งนี้จึง

ไม่สามารถเชื่อถือได้ และสมควรต้องหาข้อผิดพลาดและวิธีการใหม่เพื่อปรับปรุงให้ปริมาณของข้อมูลจากไฟไนอีลีเมนต์ใกล้เคียงกับการทดสอบผลิตภัณฑ์จริงมากขึ้นต่อไป (รายละเอียดดูในบทที่ 7)

8.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย

- 1) เครื่องทดสอบชอร์คของบริษัทตัวอย่างมีความสามารถต่ำ สามารถเพิ่มระดับของ Shock Pulse Duration ได้มากที่สุดเพียง 0.35 ms
- 2) ระดับของปัจจัยต่างๆไม่สามารถกำหนดต่างกันมากนัก เนื่องจากจะกระทบกับเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต
- 3) การคำนวณโดยไฟไนอีลีเมนต์ค่อนข้างใช้เวลานาน (เตรียมแบบจำลองและรันโปรแกรมจนได้สภาวะที่ต้องการ) อย่างเช่นข้อมูลข้างต้นใช้เวลา 1 อาทิตย์ และทีมงานที่เกี่ยวข้องยังคงมีงานอื่นที่ได้รับมอบหมายโดยตรงค่อนข้างมาก ดังนั้นวิธีใหม่ที่คาดว่าจะได้ขนาดของข้อมูลใกล้เคียงกับการทดสอบผลิตภัณฑ์จริงจึงยังไม่ได้ถูกลองปฏิบัติ

8.3 ข้อเสนอแนะ

8.3.1 การออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนโดยทั่วไป

จากผลการทดสอบที่สภาวะ Shock Pulse Duration ต่างกัน 2 สภาวะได้แนวโน้มนำการออกแบบบางปัจจัยของแขนจับหัวอ่าน/เขียนต่างกันเพื่อให้ได้ค่า G-to-Lift off สูงสุดในสภาวะ Shock Pulse Duration นั้นๆ ดังนั้นการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนจำเป็นต้องคำนึงถึงสภาวะชอร์คที่อาจเกิดขึ้นว่าอยู่ในสภาวะ Shock Pulse Duration ช่วงใด จากฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่างได้แบ่งกลุ่มตามชนิดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กับสภาวะ Shock Pulse Duration ที่อาจเกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 8.9

ตารางที่ 8.9 แสดงชนิดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์กับสภาวะ

Shock Pulse Duration ที่อาจเกิดขึ้น

Type of Hard Disk Drive	Shock Pulse Duration
Consumer electronics	0.1 – 0.3 ms
Notebook & PC	0.5 – 2.0 ms

จะเห็นว่าผลงานวิจัยฉบับนี้สามารถใช้อ้างอิงกับการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประเภท Consumer electronics ได้ แต่สำหรับการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียนในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ประเภท Notebook หรือ PC อาจประยุกต์ใช้ข้อมูลจากงานวิจัยนี้ดังต่อไปนี้

8.3.1.1 ออกแบบเริ่มต้นโดยกำหนดขนาดของแต่ละปัจจัยอ้างอิงตามผลงานวิจัยนี้ คือ

- 1) อัตราส่วนของ $L_1/L_{total} = 0.078$ ม.ม. หรืออาจยาวกว่านี้ (มีแนวโน้มยาวขึ้น)
- 2) ความหนาของ Hinge (t_1) = 0.038 ม.ม. หรือหนากว่านี้ (มีแนวโน้มหนาขึ้น)
- 3) ความหนาของ Load beam (t_2) = 0.076 ม.ม. หรือบางกว่านี้ (มีแนวโน้มบางลง)
- 4) ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W) = 0.800 ม.ม. หรือกว้างกว่านี้ (มีแนวโน้มกว้างขึ้น)
- 5) ออกแบบส่วนอื่นเพิ่มเติม เช่น มี Roof ที่ Load beam หรือ Limiter ที่ Gimbal

8.3.1.2 ทำการทดสอบหาค่า G-to-Lift off ที่สภาวะ Shock Pulse Duration ตามตารางที่ 8.9 (โดยวิธีทดสอบจริงหรือไฟไนต์อีลีเมนต์ที่แก้ไขวิธีที่ถูกต้องแล้ว) และค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency)

8.3.1.3 เมื่อมีข้อมูลรอบแรกยืนยันแล้วและต้องการเพิ่มคุณภาพ (Re-design) อาจกระทำได้ดังนี้

1) ถ้าเพิ่มความสามารถของค่า G-to-Lift off ควรจะแก้ไขที่ Load beam โดยวิธีการลดความหนา (ลด t_2) เพื่อลดมวล แต่บางครั้งไม่สามารถลดความหนาของ Load beam ได้ ดังนั้นอาจใช้วิธีเจาะรูหรือทำ Partial Etched ที่ Load beam แทนซึ่งจะส่งผลกระทบต่อค่าความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) น้อยมาก

2) ถ้าเพิ่มความสามารถของความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) ควรจะแก้ไขที่ความแข็งแรงของ Hinge โดยพิจารณาเพิ่มความกว้างบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริงของ Hinge (W) เป็นอันดับที่ 1 เพราะผลจากงานวิจัยข้างต้นปัจจัยนี้จะส่งเสริมให้ทุกผลตอบมีค่าสูงขึ้น

8.3.1.4 ทำการทดสอบอีกครั้ง

8.3.2 แนวโน้มการออกแบบของแต่ละปัจจัย

จากข้อสรุปของแนวโน้มการออกแบบของแต่ละปัจจัยที่ศึกษาเพื่อให้ค่า G-to-Lift off ที่ Shock Pulse Duration 0.1 และ 0.35 ms และความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) มีค่าสูงที่สุดที่แสดงในตารางที่ 8.10

ตารางที่ 8.10 แสดงแนวโน้มของแต่ละปัจจัย

ปัจจัย	แนวโน้มของปัจจัย
1) อัตราส่วนของ L_1/L_{total}	ยาวขึ้น
2) ความหนาของ Hinge (t_1)	หนาขึ้น
3) ความหนาของ Load beam (t_2)	บางลง
4) ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)	กว้างขึ้น

แขนจับหัวอ่าน/เขียนยังมีพารามิเตอร์อื่นๆที่สำคัญที่ต้องการคุณภาพสูงนอกเหนือจากคุณสมบัติทางด้านทานชอร์คและความความถี่ธรรมชาติในโหมดสแตตัสที่จะเกิดก้ำกอน ดังนั้นการปรับค่าของปัจจัยของแต่ละปัจจัยตามตารางที่ 8.10 จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อพารามิเตอร์เหล่านั้นด้วย เช่น

1) ปรับความหนาของ Load beam (t_2) ให้บางลงจนเกินไปเพื่อเพิ่มความสามารถของค่า G-to-Lift off ให้สูงมากๆ แต่จะส่งผลกระทบต่อความแข็งแรงของ Load beam ทำให้คุณสมบัติของ Windage (ความสามารถด้านทานแรงลมที่เกิดขึ้นภายในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์) ลดลง

2) ปรับความหนาของ Hinge (t_1) ให้หนาขึ้น หรือปรับอัตราส่วนของ L_1/L_{total} ให้น้อยลง หรือปรับความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W) ให้กว้างขึ้น จนเกินไปเพื่อเพิ่มความถี่ธรรมชาติในโหมดสแตตัสให้สูงมากๆ แต่จะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของ Flying Height (ระยะลอยตัวของหัวอ่าน/เขียนเหนือแผ่นดิสก์ในขณะอ่าน/เขียนข้อมูล) ทำให้ระยะลอยตัวของหัวอ่าน/เขียนเหนือแผ่นดิสก์สูงเกินไป

8.3.3 ไฟไนต์อีลิเมนต์

วิธีใหม่ของการทำไฟไนต์อีลิเมนต์ที่คาดว่าปริมาณของข้อมูลจะใกล้เคียงกับข้อมูลจากการทดสอบผลิตภัณฑ์จริงมากขึ้น มีขั้นตอนดังนี้

- 1) สร้างแบบจำลองให้เหมือนกับการทดสอบผลิตภัณฑ์จริง ตัวงานถูกยึดติดบนจิ๊ก
- 2) ประยุกต์การเคลื่อนที่ของจิ๊กในสภาวะการทดสอบจริง (ข้อมูลของความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา) ให้กับโปรแกรมไฟไนต์อีลิเมนต์
- 3) คำนวณระยะห่างระหว่างหัวอ่าน/เขียนกับระนาบอ้างอิงของจิ๊ก
- 4) ทำซ้ำข้อ 2 และข้อ 3 โดยใช้วิธีการ Tial&Error จนกระทั่งได้ผลที่สภาวะ G-to-Lift off
- 5) คำนวณกลับจากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลา เป็น ความเร่งกับเวลา สุดท้ายเปลี่ยนหน่วยเป็น G's