บทที่ 4
การออกแบบการทดลอง

จากบทที่ 1 การศึกษาในรูปแบบการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาแนวโน้มการออกแบบปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยของแขนจับหัวอ่าน/เขียนเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการต้านทานชอร์กในระดับ G-to-Lift off ที่สภาวะ Shock Pulse Duration ต่างกัน 2 สภาวะ และเพิ่มความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ (Sway Frequency) ควบคู่ไปด้วย ดังนั้นขั้นตอนแรกจะต้องทำการออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์ยืนยันถึงสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าปัจจัยต่างๆมีหรือไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบแต่ละตัวในระดับความเชื่อมั่นค่าหนึ่งที่ยอมรับกัน

ผู้วิจัยใช้ Minitab เป็นเครื่องมือใช้ออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง และเพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักการการออกแบบการทดลอง ผู้วิจัยจึงดำเนินตามขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้

4.1 กำหนดปัญหาที่สนใจ

บริษัทตัวอย่างซึ่งเป็นผู้ผลิตแขนจับหัวอ่าน/เขียน มีความสนใจที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นใหม่เองที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ สูงขึ้นเสนอต่อลูกค้า เพื่อความอยู่รอดของบริษัทในสภาวะที่กำลังมีการแข่งขันกันสูงกับบริษัทคู่แข่ง

ความสามารถต้านทานชอร์กได้สูงของแขนจับหัวอ่าน/เขียนเป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ แขนจับหัวอ่าน/เขียนที่มีคุณสมบัติ G-to-Lift off สูง จะส่งผลให้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีความสามารถต้านทานชอร์กสูงซึ่งช่วยลดความสูญเสียของหัวอ่าน/เขียนในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟอันเนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายหรือการกระแทกหรือการประกอบและลดความผิดพลาดของการอ่าน/เขียนข้อมูลในขณะใช้งาน การเกิดกำทอน (Resonance) ที่ความถี่ธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ก็เป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาควบคู่กันไปเนื่องจากปัจจัยของแขนจับหัวอ่าน/เขียนที่คาดว่ามีอิทธิพลต่อค่า G-to-Lift off นั้นน่าจะมีอิทธิพลต่อค่าความถี่ธรรมชาติ (Sway Frequency) ของผลิตภัณฑ์ที่เกิดกำทอนเปลี่ยนแปลงไปด้วย แต่ทิศทางใดนั้นต้องศึกษาต่อไป ดังนั้นในขั้นตอนการออกแบบแขนจับหัวอ่าน/เขียน ผู้ออกแบบจำเป็นต้องการความรู้พื้นฐานในการออกแบบขนาดของแขนจับหัวอ่าน/เขียน เพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมคร่าว ๆ ก่อนที่จะมีผลิตภัณฑ์ตัวอย่างจริงทดสอบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลตอบที่ต้องการศึกษา คือ

1) G-to –Lift off ที่สภาวะ Shock Pulse Duration 0.1 ms

แรงชอร์กที่มากที่สุดในสภาวะ Shock Pulse Duration 0.1 ms ที่หัวอ่าน/เขียนยังคงอยู่นิ่งบนแผ่นดิสก์

2) G-to –Lift off ที่สภาวะ Shock Pulse Duration 0.35 ms

แรงชอร์กที่มากที่สุดในสภาวะ Shock Pulse Duration 0.35 msที่หัวอ่าน/เขียนยังคงอยู่นิ่งบนแผ่นดิสก์

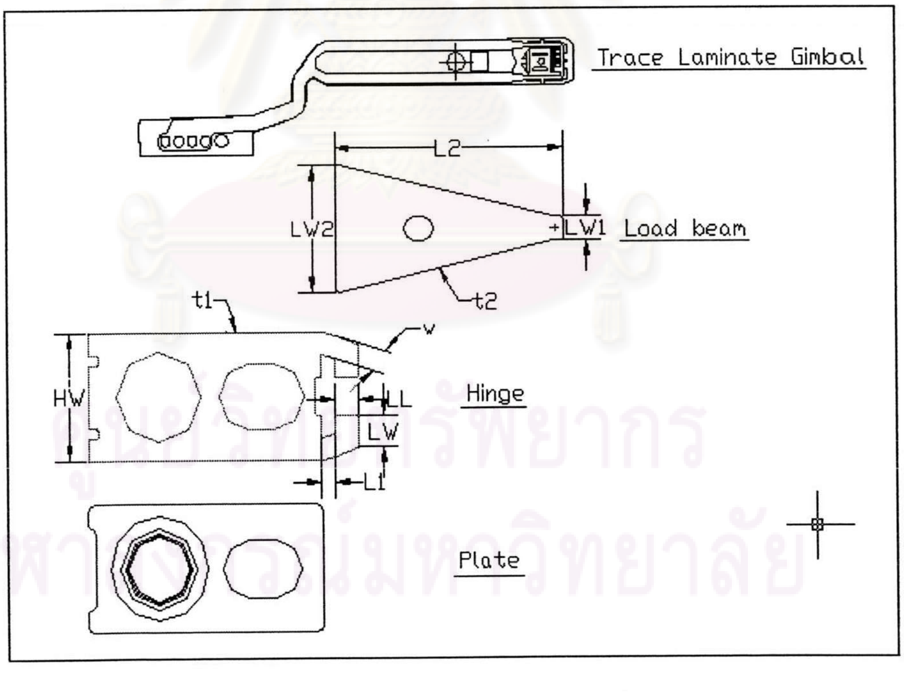
3) ความถี่ธรรมชาติที่เกิดกำทอนโหมดสเวย์ (Sway Frequency)

เป็นโหมดที่เมื่อเกิดกำทอนแล้วแขนจับหัวอ่าน/เขียนจะแกว่งและส่ายรุนแรงกว่าโหมดอื่นๆ มีผลทำให้หัวอ่าน/เขียนเกิด Off-track หัวอ่าน/เขียนหลุดออกจากลายข้อมูลบนแผ่นดิสก์ในขณะกำลังอ่าน/เขียน

4.2 การเลือกปัจจัยและระดับที่จะทำการศึกษา

4.2.1 เลือกปัจจัย (Factors)

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงแขนจับหัวอ่าน/เขียนรูปแบบพื้นฐาน รูปทรงไม่สลับซับซ้อน ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบของแขนจับหัวอ่าน/เขียนรูปแบบพื้นฐานและปัจจัยเริ่มต้นที่ศึกษา

ปัจจัยเริ่มต้นที่ถูกพิจารณามีดังต่อไปนี้ (พิจารณารูปที่ 4.1 ประกอบ)

1) Trace Laminate Gimbal

    1.1) ความหนา

    1.2) ความยาว

    1.3) ความกว้าง

2) Plate

    2.1) ความหนา

    2.2) ความยาว

    2.3) ความกว้าง

    2.4) ขนาดรูกลม

    2.5) ขนาดรูสล็อต

3) Loab beam

    3.1) ความหนา (t_2)

    3.2) ความยาว (L_2)

    3.3) ขนาดรูสล็อต

    3.4) ความกว้างด้านเชื่อมติด Hinge (LW_2)

    3.5) ความกว้างด้านปลายอิสระ (LW_1)

4) Hinge

    4.1) ความหนา (t_1)

    4.2) ความยาวของบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (L_2)

    4.3) ความกว้างของบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)

    4.4) ความยาวของบริเวณที่เชื่อมติดกับ Load beam (LL)

    4.5) ความกว้างของบริเวณที่เชื่อมติดกับ Load beam (LW)

    4.6) ความกว้าง (HW)

    4.7) ขนาดรูกลม

    4.8) ขนาดรูสล็อต

ขั้นต่อไปผู้วิจัยและทีมงานทำการคัดเลือกปัจจัยโดยอาศัยหลักความเป็นไปได้ในการผลิตและความรู้พื้นฐานจากงานวิจัยที่ผ่านมา (ในหัวข้อ 2.2) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 แสดงเหตุผลการวิเคราะห์เลือกและไม่เลือกแต่ละปัจจัยที่จะนำไปศึกษา

ชิ้นส่วน	ปัจจัย	ศึกษา/ไม่ศึกษา	เหตุผล
Trace Laminate Gimbal	ความหนา	ไม่ศึกษา	1) เป็นชิ้นส่วนที่สั่งนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง 2) ต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตหลายกระบวนการในกรณีที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและใช้เวลานาน
	ความยาว	ไม่ศึกษา	
	ความกว้าง	ไม่ศึกษา	
Plate	ความหนา	ไม่ศึกษา	1) เป็นชิ้นส่วนที่สั่งนำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาแพง 2) ต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตหลายกระบวนการในกรณีที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ตัวอย่างและใช้เวลานาน
	ความยาว	ไม่ศึกษา	
	ความกว้าง	ไม่ศึกษา	
	ขนาดรูกกลม	ไม่ศึกษา	
	ขนาดรูสล็อต	ไม่ศึกษา	
Load beam		ศึกษา	เป็นชิ้นส่วนที่บริษัทตัวอย่างสามารถผลิตขึ้นเองภายใน
	ความหนา (t_2)	ศึกษา	จากงานวิจัยที่ผ่านมาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นอื่น(รายละเอียดในหัวข้อ 2.3) สรุปว่าความหนามีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์กงานวิจัยนี้จึงนำมาศึกษาร่วมด้วยเพื่อพิจารณาอันตรกิริยากับปัจจัยอื่น
	ความยาว (L_2)	ศึกษา	จากงานวิจัยที่ผ่านมาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นอื่น(รายละเอียดในหัวข้อ 2.3) สรุปว่าความยาวทั้งตัวมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์กงานวิจัยนี้จึงนำมาศึกษาร่วมแต่เป็นรูปแบบกำหนดความยาวทั้งตัวคงที่และปรับเปลี่ยนความยาวของ Load beam และ Hinge ตามกันไปเพื่อพิจารณาผลหลักและอันตรกิริยากับปัจจัยอื่น
	ความกว้างด้านเชื่อมติด Hinge (LW_2)	ไม่ศึกษา	1) งานวิจัยนี้ไม่เปลี่ยนแปลงขนาดของ Plate ความกว้างส่วนนี้จึงถูกกำหนดไว้เท่าเดิมตามขนาดของความกว้าง Plate 2) จากงานวิจัยที่ผ่านมาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นอื่น(รายละเอียดในหัวข้อ 2.3) สรุปว่าความกว้างส่วนนี้มีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์กน้อย
	ความกว้างด้านปลายอิสระ (LW_1)	ไม่ศึกษา	จากงานวิจัยที่ผ่านมาของแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นอื่น(รายละเอียดในหัวข้อ 2.3) สรุปว่าความกว้างส่วนนี้แคบจะดี จากขนาดของผลิตภัณฑ์ต้นแบบปัจจุบันก็เป็นขนาดที่แคบที่สุดที่เป็นไปได้แล้ว (ถ้าแคบกว่านี้จะส่งผลกระทบกับปัจจัยอื่น ๆ)
	ขนาดรูสล็อต	ไม่ศึกษา	รูนี้ใช้สำหรับอ้างอิงตำแหน่งในขณะประกอบกับชิ้นส่วนอื่น ปกติจะมีขนาดเฉพาะ ไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ชิ้นส่วน	ปัจจัย	ศึกษา/ไม่ศึกษา	เหตุผล
Hinge		ศึกษา	เป็นชิ้นส่วนที่บริษัทตัวอย่างสามารถผลิตขึ้นเองภายใน
	ความหนา (t_1)	ศึกษา	ที่ผ่านมายังไม่มีผู้ใดศึกษาปัจจัยนี้ จากฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่าง ความหนานี้มีผลต่อคุณสมบัติคล้ายสปริงของผลิตภัณฑ์ซึ่งน่าจะมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์ก
	ความยาวของบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (L_1)	ศึกษา	ที่ผ่านมายังไม่มีผู้ใดศึกษาปัจจัยนี้ จากฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่าง ความยาวนี้มีผลต่อคุณสมบัติคล้ายสปริงของผลิตภัณฑ์ซึ่งน่าจะมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์ก
	ความกว้างของบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)	ศึกษา	ที่ผ่านมายังไม่มีผู้ใดศึกษาปัจจัยนี้ จากฐานข้อมูลของบริษัทตัวอย่าง ความกว้างนี้มีผลต่อคุณสมบัติคล้ายสปริงของผลิตภัณฑ์ซึ่งน่าจะมีผลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์ก
	ความยาวของบริเวณที่เชื่อมติดกับ Load beam (LL)	ไม่ศึกษา	เนื้อวัสดุนี้เป็นส่วนที่เชื่อมติดกับ Load beam จำเป็นต้องกำหนดไว้เท่ากับผลิตภัณฑ์รุ่นที่อ้างอิงเพื่อความสะดวกในการผลิต
	ความกว้างของบริเวณที่เชื่อมติดกับ Load beam (LW)	ไม่ศึกษา	เนื้อวัสดุนี้เป็นส่วนที่เชื่อมติดกับ Load beam จำเป็นต้องกำหนดไว้เท่ากับผลิตภัณฑ์รุ่นที่อ้างอิงเพื่อความสะดวกในการผลิต
	ขนาดรูกลม	ไม่ศึกษา	งานวิจัยนี้ไม่เปลี่ยนแปลงขนาดของ Plate ขนาดรูกลมนี้จึงถูกกำหนดไว้เท่าเดิมตามขนาดรูกลมของ Plate
	ความกว้าง (HW)	ไม่ศึกษา	งานวิจัยนี้ไม่เปลี่ยนแปลงขนาดของ Plate ความกว้างของ Hinge นี้จึงถูกกำหนดไว้เท่ากับผลิตภัณฑ์รุ่นที่อ้างอิง
	ขนาดรูสล็อต	ไม่ศึกษา	งานวิจัยนี้ไม่เปลี่ยนแปลงขนาดของ Plate ขนาดรูสล็อตนี้จึงถูกกำหนดไว้เท่าเดิมตามขนาดรูสล็อตของ Plate

ปัจจัยที่ถูกพิจารณาเลือกทำการศึกษามีดังต่อไปนี้ (พิจารณารูปที่ 4.2 ประกอบ)

1) ความหนาของ Hinge (t_1)

2) ความยาวของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (L_1)

3) ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)

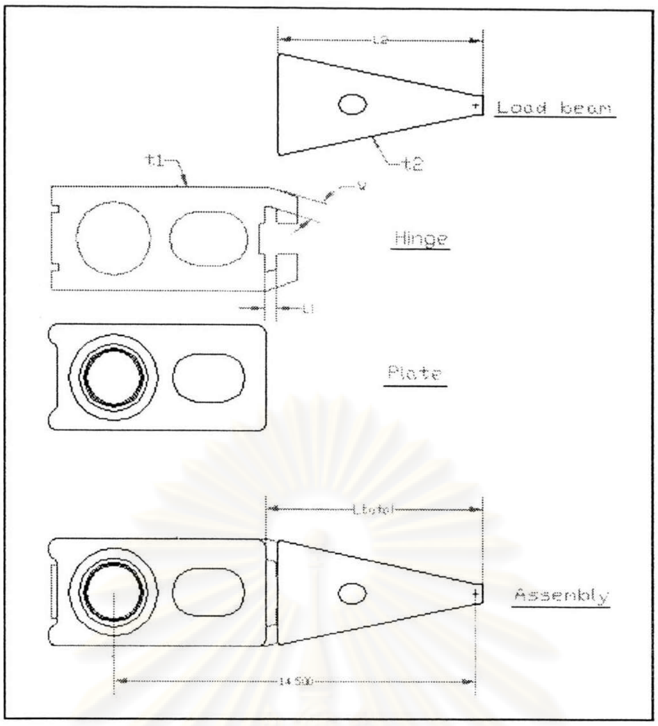
4) ความหนาของ Load beam (t_2)

5) ความยาวของ Load beam (L_2)

หมายเหตุ ; ความยาว L_1 และ L_2 จะถูกศึกษาในรูปของอัตราส่วนของ L_1/L_{total}

เมื่อ $L_{total} = L_1 + L_2 = 8.73$ ม.ม.เพื่อลดจำนวนปัจจัยลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ต้นแบบและปัจจัยที่ศึกษา

4.2.2 เลือกระดับ (Levels)

ในการทดลองนี้กำหนดระดับของปัจจัย (Levels) เป็นแบบกำหนดตายตัว (Fixed Levels) เนื่องจากปัจจัยที่เลือกมาทำการทดลองทั้ง 4 ตัวนี้ เป็นตัวแปรที่สามารถกำหนดค่าได้แน่นอน โดยอาศัยความรู้พื้นฐานและความสามารถของเครื่องมือและเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบและเนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ในการวิเคราะห์ ดังนั้นปัจจัยแต่ละตัวจึงมีระดับ 2 ระดับ และการกำหนดค่าแต่ละระดับของแต่ละปัจจัยของผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้ผู้วิจัยอ้างอิงจากขนาดของผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นหนึ่งที่บริษัทตัวอย่างกำลังผลิตอยู่ในปัจจุบันเพื่อที่จะสามารถใช้เครื่องจักรเครื่องมือต่างๆ ที่มีอยู่แล้วกับการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบได้ พิจารณารูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ต้นแบบและปัจจัยแต่ละตัว

1) ความหนาของ Hinge (t_1)

ระดับที่ 1 : t_1 = 0.030 ม.ม.

ระดับที่ 2 : t_1 = 0.038 ม.ม.

ความหนาของ Hinge (ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ) มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติคล้ายสปริง (Vertical Spring Rate) มากที่สุด จากข้อมูลโมเดลลิ่งของฝ่ายวิศวกรรมของบริษัทตัวอย่าง ระบุว่าค่ากรัมโหลดแปรผันโดยตรงกับกำลังสามของความหนา ดังนั้นการเปลี่ยนระดับเพื่อการศึกษาจึงไม่ควรมากนัก เพราะจะมีผลกระทบกับเครื่องจักรเครื่องมือในขั้นตอนผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ระดับที่ 1 กำหนดตาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหนา Hinge ของแขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นที่อ้างอิง และระดับที่ 2 กำหนดตามขนาดของวัสดุที่มีอยู่แล้วในคงคลัง

2) ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง (W)

ระดับที่ 1 : W = 0.600 ม.ม.

ระดับที่ 2 : W = 0.800 ม.ม.

ความกว้างของ Hinge (ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ) เป็นความกว้างของวัสดุตรงบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริงแต่ส่งผลกระทบน้อยกว่าความหนา แขนจับหัวอ่าน/เขียนรุ่นที่อ้างอิงมีขนาดของ W เท่ากับ 0.750 ม.ม. ดังนั้นระดับที่ 1 จึงกำหนดลดจากค่าอ้างอิง 0.050 ม.ม. และระดับที่ 2 กำหนดเพิ่มจากค่าอ้างอิง 0.50 ม.ม. เช่นกัน

3) ความหนาของ Load beam (t_2)

ระดับที่ 1 : t_2= 0.076 ม.ม.

ระดับที่ 2 : t_2= 0.120 ม.ม.

Load beam เป็นชิ้นส่วนหลักของแขนจับหัวอ่าน/เขียน (ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ) การเปลี่ยนแปลงความหนาของ Load beam ส่งผลให้มวลเปลี่ยนแปลงไปด้วยและน่าจะส่งผลให้ค่า G-to-Lift-off เปลี่ยนด้วย จากแขนจับหัวอ่าน/เขียน รุ่นที่อ้างอิงมีความหนา Load beam เท่ากับ 0.100 ม.ม. ดังนั้น ระดับที่ 1 จึงปรับให้ลดลงจากค่าอ้างอิงซึ่งวัสดุหนา 0.076 ม.ม. มีอยู่แล้วในคงคลัง และระดับที่ 2 จึงประให้เพิ่มขึ้นจากค่าอ้างอิงซึ่งวัสดุหนา 0.120 ม.ม. ก็มีอยู่แล้วในคงคลัง

4) อัตราส่วนของ L_1/L_{total}

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

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

เป็นอัตราส่วนระหว่างความยาวของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริงต่อความยาวทั้งหมด (ดูรูปที่ 4.2 ประกอบ) เนื่องจากทั้ง 3 ชิ้นส่วนของแขนจับหัวอ่าน/เขียนนี้ (Plate , Hinge และ Load beam) ประกอบยึดติดกันโดยใช้เลเซอร์เชื่อมซึ่งขนาดที่กำหนดที่ระดับที่ 1 จะเป็นขนาดของความยาว Hinge,L_1 ที่สั้นที่สุดที่สามารถใช้จิ๊กเชื่อมเดิมเชื่อมได้ และที่ระดับที่ 2 จะเป็นขนาดของความยาว Hinge,L_1 ที่ยาวที่สุดที่ยังสามารถใช้จิ๊กเชื่อมเดิมเชื่อมได้เช่นกัน

ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ทำการศึกษา

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย	
		-1(ต่ำ)	+1(สูง)
1. ความหนาของ Hinge (ม.ม.)	t_1	0.030	0.038
2. ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง(ม.ม.)	W	0.600	0.800
3. ความหนาของ Load beam(ม.ม.)	t_2	0.076	0.120
4. อัตราส่วนของ L_1/L_{total} (ม.ม.)	L_1/L_{total}	0.037	0.078

4.3 เลือกแบบการทดลอง

ใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k แบบเต็มรูป เนื่องจากสามารถดำเนินการทดลองได้ ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับปริมาณของวัตถุดิบ และได้ผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดอย่างสมบูรณ์

ไม่ประยุกต์ใช้การเพิ่มจุดศูนย์กลางให้แก่การออกแบบ 2^k (2^k Design with Center Point) เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาว่าปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อผลตอบและแนวโน้มการปรับปัจจัยนั้นให้ได้ค่าผลตอบที่สูงขึ้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์จริงต่อไป ซึ่งไม่ได้เป็นการหาจุดเหมาะสมของปัจจัยที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แบบรูปแบบที่ดีที่สุด และผลิตภัณฑ์รูปแบบนั้นมาใช้งาน ดังนั้นงานวิจัยนี้ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ก็เพียงพอแล้วและไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มในการทำการทดลองค่าศูนย์กลางอีกด้วย

ไม่ประยุกต์ใช้บล็อกเรพลิเคตในการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เนื่องจากผู้วิจัยสามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถควบคุมได้ให้ผลิตภัณฑ์ต้นแบบทุกรูปแบบได้รับเหมือน ๆ กัน นั้นคือ 1) ผลิตจากวัตถุดิบในรุ่นเดียวกัน 2) ใช้กระบวนการผลิตเดียวกัน 3)ใช้เครื่องทดสอบเครื่องเดียวกับคนทดสอบคนเดียวและทดสอบให้เสร็จภายในวันเดียว

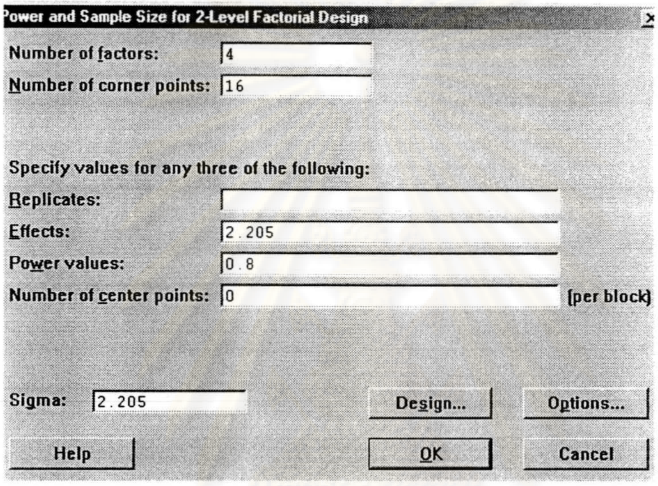
4.4 เลือกขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม (Sample Size) หรือจำนวนทำซ้ำ (Replicates)

เพื่อให้การทดลองมีความแม่นยำมากขึ้น ลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอันเนื่องมาจากชิ้นงานและเครื่องมือ ขนาดตัวอย่างยังเป็นฟังก์ชันกับความผิดพลาดแบบที่ 2 (β) โดยทั่วไปเมื่อต้องการตรวจจับความแตกต่างตามที่กำหนดไว้ของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มกับค่าคงที่ค่าหนึ่งหรือตรวจจับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มหรือมากกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 2 (β) นี้จะลดน้อยลงถ้าหากขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้น ความสามารถที่จะตรวจจับความแตกต่างตามที่กำหนดได้ก็ง่ายขึ้น แต่ขนาดตัวอย่างนั้นจะต้องแลกมาซึ่งค่าใช้จ่าย ดังนั้นการเลือกขนาดตัวอย่างที่

เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นขั้นแรกของการออกแบบการทดลอง ไม่น้อยเกินไปจนทำให้ตรวจจับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างไม่พบ ทั้งๆที่ความเป็นจริงมีความแตกต่าง และไม่มากเกินไปเนื่องจากค่าใช้จ่ายจะสูงตามด้วย

ในที่นี้จะใช้โปรแกรมมินิแท็บ (Minitab) ช่วยวิเคราะห์หาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม โดยกำหนดให้ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการตรวจพบประมาณ 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และโอกาสที่จะตรวจจับความแตกต่างเจอเท่ากับ 0.8

เมนูของโปรแกรมมินิแท็บเลือกดังนี้ **Stat > Power and Sample size > 2 – Level Factorial Design** และรูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมและค่าคงที่ที่ต้องระบุ



รูปที่ 4.3 แสดงหน้าต่างการหาขนาดตัวอย่างของการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

- Number of factors คือ 4

- Number of corner points คือ 16

- Replieation ไม่ต้องระบุเนื่องจากเป็นค่าที่ต้องการหา

- Effect คือค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของค่า G-to-Lift off ที่ต้องการตรวจจับเจอในที่นี้ระบุ 2.205 G's เพราะต้องการตรวจจับค่าเฉลี่ยของค่า G-to-Lift off ที่ต่างกัน 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

- Sigma เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในอดีต จากการสุ่มตัวอย่างออกมา 10 ตัว จากผลิตภัณฑ์ต้นแบบและทำการทดสอบ G-to-Lift-off ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.3 ดังนั้น Sigma เท่ากับ 2.205

ตารางที่ 4.3 แสดงข้อมูลประมาณค่า Sigma

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Stdev
G-to-Lift off	44.052	41.142	46.423	41.353	44.718	44.352	40.241	42.550	40.039	40.674	42.554	2.205

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- Power คือ 1-β ซึ่ง β คือ Type – II error หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่าเป็นโอกาสที่สามารถตรวจจับความแตกต่างเจอ ในที่นี้ใช้ 0.8 (ข้อมูลจากสถาบัน BMG ผู้ฝึกสอน Six Sigma ระบุว่าควรอยู่ในช่วง 0.8 ถึง 1.0

จากผลการวิเคราะห์ของมินิแท็บจะได้ขนาดตัวอย่างที่ทำซ้ำในแต่ละการทดลองร่วมปัจจัยเท่ากับ 3

แต่อย่างไรก็ตามขนาดตัวอย่างที่ได้นี้ก็เป็นเพียงตัวเลขชี้นำเท่านั้น สุดท้ายการออกแบบการทดลองจะต้องถูกประเมินความเพียงพอของข้อมูลด้วยการตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) อีกครั้งอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ (รายละเอียดดูในหัวข้อ 2.1.7)

4.5 ออกแบบการทดลอง

ใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^4 แบบเต็มรูปซึ่งมี 4 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับและ 3 เรพลิเค็จในหนึ่งการทดลองร่วมปัจจัยและทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จะได้ลำดับการทดลองดังตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงตารางการออกแบบการทดลอง

Repli cation	Std Oder	Run Oder	Factors				Response		
			L1/Ltotal	t1	t2	W	G-to-Lift off at PD=0.1ms	G-to-Lift off at PD=0.35ms	Sway Frequrecy
3	37	1	-1	-1	+1	-1			
1	14	2	+1	-1	+1	+1			
3	46	3	+1	-1	+1	+1			
3	42	4	+1	-1	-1	+1			
2	29	5	-1	-1	+1	+1			
2	21	6	-1	-1	+1	-1			
3	34	7	+1	-1	-1	-1			
1	8	8	+1	+1	+1	-1			
1	6	9	+1	-1	+1	-1			
2	28	10	+1	+1	-1	+1			
3	33	11	-1	-1	-1	-1			
2	31	12	-1	+1	+1	+1			
1	11	13	-1	+1	-1	+1			
3	45	14	-1	-1	+1	+1			
3	44	15	+1	+1	-1	+1			
3	40	16	+1	+1	+1	-1			
1	13	17	-1	-1	+1	+1			
1	16	18	+1	+1	+1	+1			
1	2	19	+1	-1	-1	-1			
1	5	20	-1	-1	+1	-1			
2	24	21	+1	+1	+1	-1			
3	47	22	-1	+1	+1	+1			
1	4	23	+1	+1	-1	-1			
2	32	24	+1	+1	+1	+1			
2	22	25	+1	-1	+1	-1			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

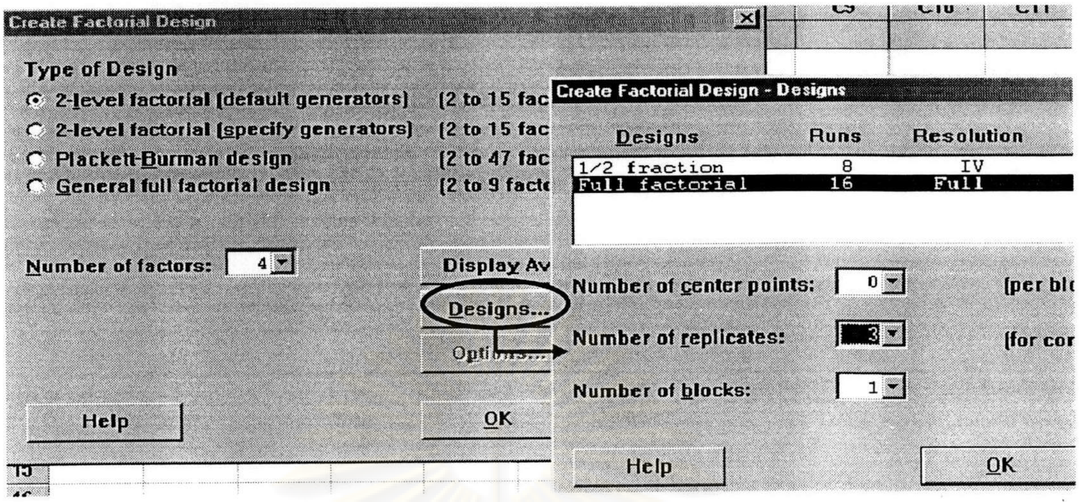
Repli cation	Std Oder	Run Oder	Factors				Response		
			L1/Ltotal	t1	t2	W	G-to-Lift off at PD=0.1ms	G-to-Lift off at PD=0.35ms	Sway Frequrecy
2	19	26	-1	+1	-1	-1			
2	27	27	-1	+1	-1	+1			
3	39	28	-1	+1	+1	-1			
3	38	29	+1	-1	+1	-1			
1	1	30	-1	-1	-1	-1			
1	3	31	-1	+1	-1	-1			
1	7	32	-1	+1	+1	-1			
1	15	33	-1	+1	+1	+1			
2	25	34	-1	-1	-1	+1			
1	10	35	+1	-1	-1	+1			
2	30	36	+1	-1	+1	+1			
3	41	37	-1	-1	-1	+1			
2	17	38	-1	-1	-1	-1			
3	35	39	-1	+1	-1	-1			
2	20	40	+1	+1	-1	-1			
3	36	41	+1	+1	-1	-1			
1	12	42	+1	+1	-1	+1			
1	9	43	-1	-1	-1	+1			
3	48	44	+1	+1	+1	+1			
2	26	45	+1	-1	-1	+1			
2	18	46	+1	-1	-1	-1			
3	43	47	-1	+1	-1	+1			
2	23	48	-1	+1	+1	-1			

PD คือ Shock Pulse Duration

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประยุกต์ใช้โปรแกรมมินิแท็บ (Minitab)

- Stat>DOE>Factorial>Create Factorial Design

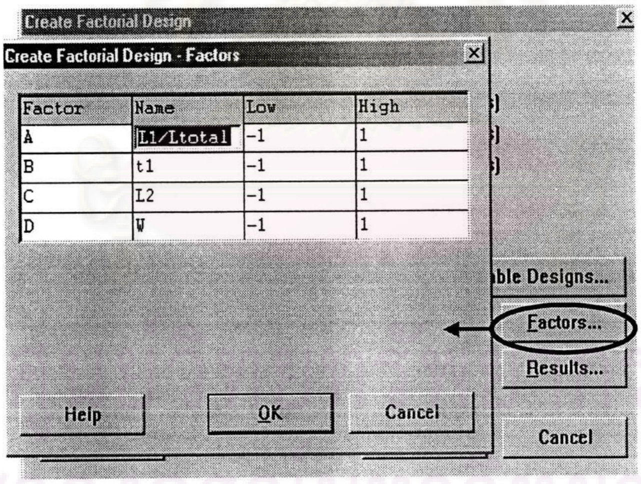


1) เลือก 2-Level factorial (default generaters) และเลือกจำนวนปัจจัย ใส่เลข 4

2) กดเลือกที่ Designs… จะปรากฏหน้าต่าง Create Factorial-Designs

3) เลือก Full factorial และเลือกจำนวนเรพลิเค็จ ใส่ 3 กด OK (ในงานวิจัยนี้ Number of center points เท่ากับ 0 และ Number of blocks เท่ากับ 1

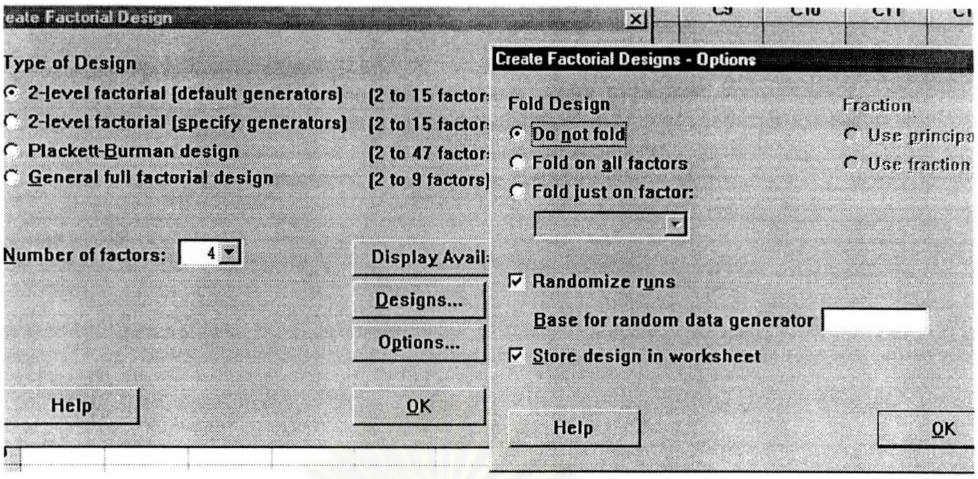
4) เลือก Factors… จะปรากฏหน้าต่าง Create Factorial Design-Factors



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5) ใส่ชื่อของปัจจัยและระดับต่างๆที่จะศึกษา และกด OK

6) เลือก Option…จะปรากฏหน้าต่าง Create Factorial Design-Option



7) Default จะเลือก Randomize runs ให้แล้ว กด OK

8) กด OK อีกครั้ง โปรแกรมจะสร้างตารางดังตารางที่ 5.3 ให้

4.6 ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

การดำเนินการทดลองจะใช้หลักการสุ่มแบบสมบูรณ์ เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอันเกิดจากสิ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น เวลาที่ผ่านไป ความเมื่อยล้าของผู้ทดลอง เป็นต้น ดังนั้นลำดับการทดลองจะถูกดำเนินตามตารางที่ 4.4

4.7 วิเคราะห์ผลเชิงสถิติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะนำโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยโปรแกรมนี้มีชื่อว่า Minitab

สมการตัวแบบที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{jk} + (\tau\delta)_{il} + (\beta\gamma)_{jk} + (\beta\delta)_{ji} + (\gamma\delta)_{kl} +$$
$$(\tau\beta\gamma)_{ijk} + (\tau\beta\delta)_{ijl} + (\beta\gamma\delta)_{jkl} + (\tau\beta\gamma\delta)_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i=1,2 (ระดับของอัตราส่วน L_1/L_{total})

j=1,2 (ระดับของความหนา Hinge, t_1)

k=1,2 (ระดับของความหนา Load beam, t_2)

l=1,2 (ระดับของความกว้าง Hinge, W)

โดยที่

Y คือ ผลตอบของการทดลอง

μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$

β คือ อิทธิพลที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1)

Υ คือ อิทธิพลที่เกิดจากความหนา Load beam (t_2)

δ คืออิทธิพลที่เกิดจากความกว้าง Hinge (W)

$\tau\beta$ คือ อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1)

$\tau\Upsilon$ คือ อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Load beam (t_2)

$\tau\delta$ คือ อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความกว้าง Hinge (W)

$\beta\Upsilon$ คือ อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2)

$\beta\delta$ คือ อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และ ความกว้าง Hinge (W)

$\Upsilon\delta$ คือ อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W)

$\tau\beta\Upsilon$ คือ อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2)

$\tau\beta\delta$ คือ อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1)และ ความกว้าง Hinge (W)

$\beta\Upsilon\delta$ คือ อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W)

$\tau\beta\Upsilon\delta$ คือ อันตรกิริยา 4 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W)

ε คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

สมมุติฐานของการทดลอง คือ

1) สมมุติฐานสำหรับปัจจัยเดี่ยวมี 4 สมมุติฐาน

1.1) $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = 0$ (อัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบไม่ต่างกัน)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\tau_i \neq 0$ (อัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบต่างกัน)

1.2) $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = 0$ (ความหนา Hinge (t_1) ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบไม่ต่างกัน)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\beta_j \neq 0$ (ความหนา Hinge (t_1) ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบต่างกัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3) $H_0 : \Upsilon_1 = \Upsilon_2 = 0$ (ความหนา Load beam (t_2) ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบไม่ต่างกัน)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\Upsilon_k \neq 0$ (ความหนา Load beam (t_2) ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบต่างกัน)

1.4) $H_0 : \delta_1 = \delta_2 = 0$ (ความกว้าง Hinge (W) ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบไม่ต่างกัน)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\delta_l \neq 0$ (ความกว้าง Hinge (W) ที่ระดับ 1 และ 2 ให้ค่าผลตอบต่างกัน)

2) สมมุติฐานสำหรับปัจจัยร่วมมี 10 สมมุติฐาน

2.1) $H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ สำหรับทุกค่า i,j (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$ (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.2) $H_0 : (\tau\Upsilon)_{jk} = 0$ สำหรับทุกค่า j,k (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Load beam (t_2) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta)_{ik} \neq 0$ (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Load beam (t_2) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.3) $H_0 : (\tau\delta)_{kl} = 0$ สำหรับทุกค่า k,l (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความกว้าง Hinge (W) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\delta)_{kl} \neq 0$ (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความกว้าง Hinge (W) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.4) $H_0 : (\beta\Upsilon)_{jk} = 0$ สำหรับทุกค่า j,k (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และความหนา Load beam (t_2) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\beta\Upsilon)_{jk} \neq 0$ (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และความหนา Load beam (t_2) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.5) $H_0 : (\beta\delta)_{jl} = 0$ สำหรับทุกค่า j,l (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และความกว้าง Hinge (W) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\beta\delta)_{jl} \neq 0$ (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และความกว้าง Hinge (W) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6) $H_0 : (\Upsilon\delta)_{kl} = 0$ สำหรับทุกค่า k,l (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\Upsilon\delta)_{kl} \neq 0$ (อันตรกิริยา 2 ทางที่เกิดจากความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.7) $H_0 : (\tau\beta\Upsilon)_{ijk} = 0$ สำหรับทุกค่า i,j,k (อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta\Upsilon)_{ijk} \neq 0$ (อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2)มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.8) $H_0 : (\tau\beta\delta)_{ijl} = 0$ สำหรับทุกค่า i,j,l (อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1)และ ความกว้าง Hinge (W) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta\delta)_{ijl} \neq 0$ (อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1)และ ความกว้าง Hinge (W) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.9) $H_0 : (\beta\Upsilon\delta)_{jkl} = 0$ สำหรับทุกค่า j,k,l (อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2)และ ความกว้าง Hinge (W) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\beta\Upsilon\delta)_{jkl} \neq 0$ j,k,l (อันตรกิริยา 3 ทางที่เกิดจากความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2)และ ความกว้าง Hinge (W) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

2.10) $H_0 : (\tau\beta\Upsilon\delta)_{ijkl} = 0$ สำหรับทุกค่า i,j,k,l (อันตรกิริยา 4 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W) ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

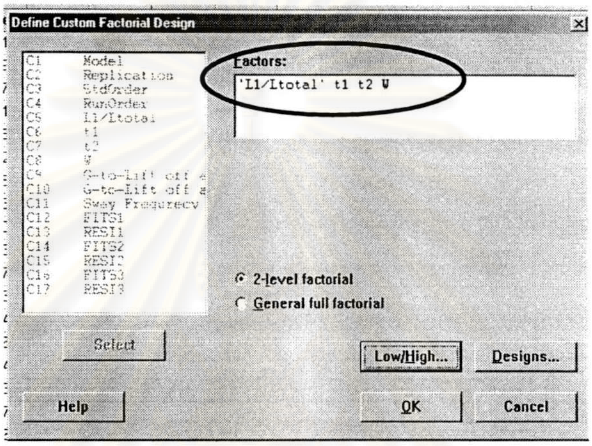
H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta\Upsilon\delta)_{ijkl} \neq 0$ (อันตรกิริยา 4 ทางที่เกิดจากอัตราส่วน $L_1/_{Ltotal}$ และ ความหนา Hinge (t_1) และ ความหนา Load beam (t_2) และ ความกว้าง Hinge (W) มีอิทธิพลต่อผลตอบ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นการทดสอบสมมุติฐานข้างต้นนี้ทุกสมมุติฐานโดยใช้หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

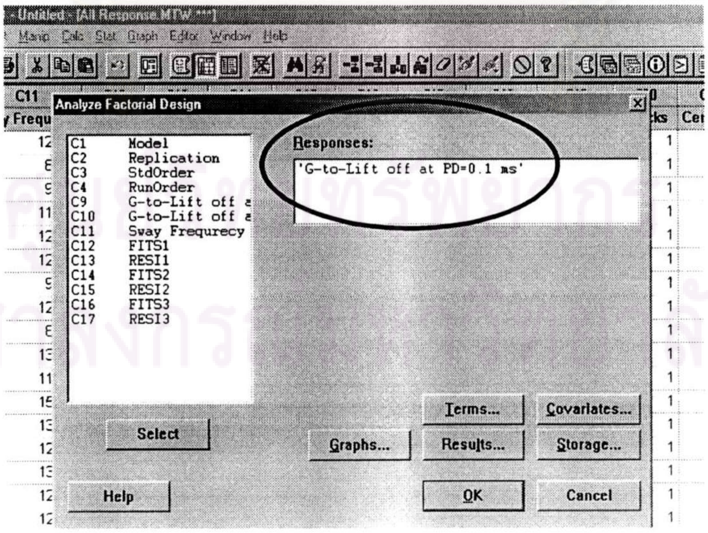
ประยุกต์ใช้โปรแกรมมินิแท็บ (Minitab)

- Stat>DOE>Factorial>Define Custom Factorial Design…



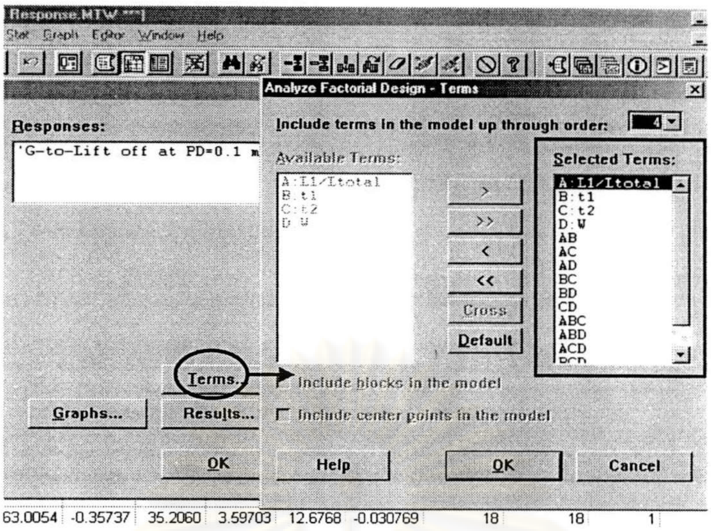
1) หน้าต่าง Define Custom Factorial Design ปรากฏขึ้นดังข้างบน
2) ระบุปัจจัยที่ศึกษาและกด OK

- Stat>DOE>Factorial>Analyze Factorial Design…



1) หน้าต่าง Analyze Factorial Design ปรากฏขึ้นดังข้างบน
2) ระบุผลตอบที่ต้องการศึกษา

3) เลือก Terms... จะปรากฏหน้าต่าง Analyze Factorial Design-Term



4) กำหนดเทอมที่จะทดสอบสมมุติฐานลงในช่อง Selected Terms และกด OK

5) กด OK

4.8 ตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ เป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำให้ทราบว่าข้อมูลจากการทดสอบถูกต้องและเพียงพอหรือไม่ ที่จะนำไปวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป (รายละเอียดในหัวข้อ 2.2)

ประยุกต์ใช้โปรแกรมมินิแท็บ (Minitab)

- Stat>Regression>Residual Plot...

4.9 สรุปผล

ขั้นต้นจะได้ข้อสรุปในรูปแบบสถิติว่าผลหลักของปัจจัยใดและอันตรกิริยาของปัจจัยร่วมพจน์ใดมีผลต่อผลตอบอย่างมีนัยสำคัญ สุดท้ายข้อสรุปนี้จะต้องถูกตีความให้อยู่ในรูปภาคปฏิบัติว่าปัจจัยที่ศึกษาแต่ละปัจจัยมีแนวโน้มการปรับเปลี่ยนค่าไปทางใดเพื่อให้ผลตอบมีค่าดีที่สุด

4.10 สรุป

เราสามารถสรุปแผนการออกแบบการทดลองได้ดังตารางที่ 4.5

แผนการออกแบบการทดลอง

1.วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยของ Load beam และ Hinge ที่มีผลต่อค่า G-to-Liff off ในสภาวะ Shock Pulse Duration 0.1 ms และ 0.35 ms และความถี่ธรรมชาติในโหมดสเวย์ สุดท้ายหาแนวโน้มการปรับเปลี่ยนปัจจัยของแต่ละปัจจัยเพื่อให้ผลตอบทุกผลตอบมีค่าสูงที่ดีที่สุด

2. ข้อมูลพื้นฐาน

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีคุณสมบัติการต้านทานชอร์กได้สูงหรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับแขนจับหัวอ่าน/เขียนซึ่งเป็นชิ้นส่วนหนึ่งภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ Load beam และ Hingeเป็นชิ้นส่วนประกอบหลักของแขนแขนจับหัวอ่าน/เขียนอีกทีหนึ่ง ดังนั้นแขนจับหัวอ่าน/เขียนจะมีคุณสมบัติการต้านทานชอร์กได้สูงหรือไม่นั้นย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่ถูกออกแบบของ Load beam และ Hinge จากการพิจารณาเบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่น่าจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติการต้านทานชอร์กของแขนจับหัวอ่าน/เขียนก็คือ 1) ความหนาของHinge(t_1) 2)อัตราส่วนระหว่างความยาวของ Hingeบริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริงต่อความยาวทั้งตัว($L1/L_{total}$) 3)ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง(W) 4)ความหนาของ Load beam(t_2)

อีกผลตอบหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงควบคู่กันไปกับคุณสมบัติการต้านทานชอร์กก็คือความถี่ธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ที่จะเกิดกำทอนเนื่องจากปัจจัยที่ศึกษาน่าจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความถี่ธรรมชาติด้วย

3. ตัวแปรต่าง ๆในการทดลอง

3.1) ผลตอบที่สนใจ

1) คุณสมบัติการต้านทานชอร์ก ซึ่งจะศึกษาใน 2 สภาวะ

- สภาวะที่ 1 : G-to –Lift off ที่สภาวะ Shock Pulse Duration 0.1 ms
- สภาวะที่ 2 : G-to –Lift off ที่สภาวะ Shock Pulse Duration 0.35 ms

2) ความถี่ธรรมชาติที่โหมดสเวย์

3.2) ปัจจัย

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย	
		-1(ต่ำ)	+1(สูง)
1. ความหนาของ Hinge (ม.ม.)	t_1	0.030	0.038
2. ความกว้างของ Hinge บริเวณที่มีคุณสมบัติคล้ายสปริง(ม.ม.)	W	0.600	0.800
3. ความหนาของ Load beam(ม.ม.)	t_2	0.076	0.120
4. L1/Ltotal (ม.ม.)	L_1/L_{total}	0.037	0.078

3.3) ปัจจัยที่ควบคุม

1) กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

2) เครื่องทดสอบคุณสมบัติการต้านทานชอร์ก

3) เครื่องทดสอบกำทอน

4) พนักงานผู้ทดสอบ

4. จำนวนซ้ำ

ทำซ้ำ 3 ครั้งในหนึ่งหน่วยการทดลองร่วมปัจจัย

5. วิธีสุ่ม

ใช้วิธีการสุ่มสมบูรณ์ในการทดสอบ โดยลำดับการทดลองดังตารางที่ 4.4

6. เมตริกการออกแบบ

เมตริกการออกแบบการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.4

7. ผลการทดลอง

แสดงในบทที่ 6

8. การวิเคราะห์การทดลอง

8.1) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

8.2) กราฟผลหลักและอันตรกิริยาของแต่ละปัจจัยต่อผลตอบ

8.3) การตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย