

การพัฒนาเทคนิคสำหรับการปรับสมดุลแบบพลวัตของจรวด Development of a Technique for Rocket Dynamic Balancing

เกดิษฐ์ ใจดี^{1*}, ทศพลพร พรพิบูลสมภพ² และ อัฐภูมิ เหลืองทองคำ³

¹ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ(องค์การมหาชน) ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

² สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ(องค์การมหาชน) ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

³ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ(องค์การมหาชน) ต.บ้านใหม่ อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

*ผู้ติดต่อ:E-mail kedit.j@dti.or.th, โทรศัพท์ 0863507868

บทคัดย่อ

การปรับสมดุลแบบพลวัตของลูกจรวด ทำโดยใช้เครื่องปรับสมดุล ซึ่งเครื่องปรับสมดุลจะให้ข้อมูลสำหรับการเพิ่มน้ำหนักถ่วงในตำแหน่งที่กำหนด มีจำนวน 2 ค่า คือ มวลของน้ำหนักถ่วงและองศาที่ต้องติดตั้งน้ำหนักถ่วง ปัญหาสำหรับการถ่วงน้ำหนักคือ ตำแหน่งของการติดตั้งน้ำหนักถ่วงนั้นถูกจำกัดด้วยการออกแบบทางกายภาพของลูกจรวด งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคสำหรับการปรับสมดุลแบบพลวัตของลูกจรวด โดยใช้โปรแกรม MATLAB ในการคำนวณหารูปทรงของน้ำหนักถ่วง,และตำแหน่งในการถ่วงน้ำหนัก จากค่ามวลและมุมที่ได้รับจากเครื่องปรับสมดุล โดยตำแหน่งถ่วงน้ำหนักคือบริเวณรอบลูกจรวด 3 ตำแหน่ง บริเวณหัวจรวด 1 ตำแหน่งและบริเวณท้ายจรวด 2 ตำแหน่ง ผลการพัฒนาเทคนิคนี้ได้ รูปทรงของน้ำหนักถ่วงและตำแหน่งในการถ่วงน้ำหนัก ซึ่งจากการจำลองแบบพบว่าการถ่วงน้ำหนักถ่วงด้วยรูปทรงและตำแหน่งที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถปรับสมดุลของลูกจรวดได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

คำหลัก: การปรับสมดุลแบบพลวัต,การปรับสมดุลของจรวด,เทคนิคการปรับสมดุล

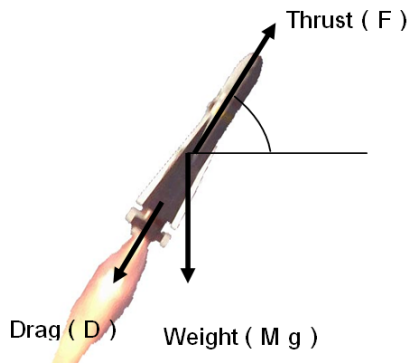
Abstract

Dynamic balancing of rocket can be achieved by using balancing machine. The machine will give the information about adding the balancing weight at the specified position. The information comprises of two components which are the size of mass and the orientation (angle in degree) of the balancing weight. The problem is the position for the balancing weight to be attached is restricted by the physical characteristic of the rocket. The objective of this research is to develop a technique for adjusting the dynamic balance of the rocket. By using MATLAB in calculating the shape and the position of the balancing weight base on the size of the mass and angle received from the balancing machine, the result is achieved. The simulation confirms that the result from the developed technique can adjust the balance of the rocket accurately and rapidly.

Keywords: Dynamic Balancing, Rocket Balancing, Technique for Balancing

1. บทนำ

ในการออกแบบจรวดแบบไม่นำวิถี จรวดต้องมีความสมดุลของน้ำหนักรอบแกน เพื่อไม่ให้เกิดแรงจากความไม่สมดุลของตัวจรวด ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของจรวดในอากาศได้



รูปที่ 1 แรงกระทำที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของจรวด

การผลิตจรวด ส่วนประกอบแต่ละส่วนจะถูกออกแบบให้มีความสมดุลมากที่สุด แต่ด้วยข้อจำกัดด้านกายภาพและวัสดุของอุปกรณ์ภายในจรวด ทำให้เมื่อประกอบจรวดเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดความไม่สมดุลขึ้น การปรับแก้ความไม่สมดุลของจรวดทำได้โดยใช้เครื่องปรับสมดุลวัดค่าความไม่สมดุลของจรวด ในการปรับสมดุลโดยใช้เครื่องปรับสมดุล จะให้ค่าน้ำหนักถ่วงที่ต้องใช้ในการปรับเพิ่มหรือลดในมุมใดๆ

ด้วยลักษณะทางกายภาพของจรวดนั้น ได้ออกแบบเพื่อรองรับการเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้วยขนาดและตำแหน่งที่จำกัด ดังนั้นในการปรับความสมดุลของจรวดจะใช้วิธีเพิ่มน้ำหนัก เทคนิคในการเพิ่มน้ำหนักถ่วงจึงต้องพัฒนาขึ้น เพื่อให้ได้น้ำหนักถ่วงที่ถูกต้อง และใช้เวลาในการปรับสมดุลจรวดได้รวดเร็วขึ้น

2. วิธีการปรับสมดุลแบบพลวัตของจรวด

การปรับสมดุลแบบพลวัตของจรวด แบ่งการปรับเป็น 2 ครั้ง คือ

2.1 การปรับสมดุลแบบหยาบ เป็นการปรับครั้งแรก โดยเพิ่มน้ำหนักถ่วงในตำแหน่งด้านหน้า และตำแหน่งด้านหลังจรวด

2.2 การปรับสมดุลแบบละเอียด เป็นการปรับครั้งที่สอง โดยเพิ่มน้ำหนักถ่วงในตำแหน่งด้านหน้าและตำแหน่งหางจรวด

2.1 ตำแหน่งการปรับสมดุลของจรวด

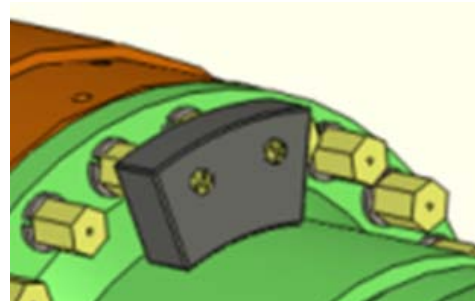
ตำแหน่งในการปรับสมดุลของจรวดแบ่งออกเป็น 3 ตำแหน่ง ดังนี้

2.1.1 ด้านหน้า ตำแหน่งรอยต่อระหว่างหัวกับมอเตอร์ของจรวด



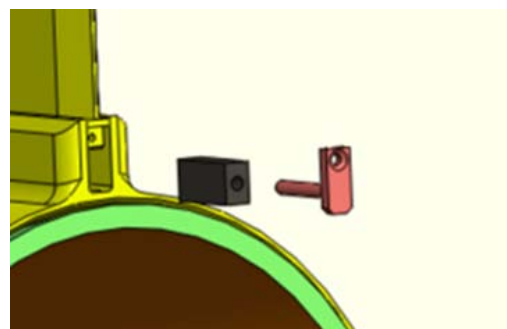
รูปที่ 2 ตำแหน่งเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้านหน้า

2.1.2 ด้านท้าย ตำแหน่งด้านหลังจรวดก่อนใส่ส่วนหางจรวด



รูปที่ 3 ตำแหน่งเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้านหลัง

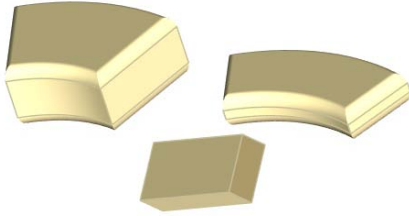
2.1.3 ด้านหาง ตำแหน่งที่หางของจรวดสามารถติดตั้งน้ำหนักถ่วงได้ 4 จุด



รูปที่ 4 ตำแหน่งเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้านหลัง

2.2 น้ำหนักถ่วง

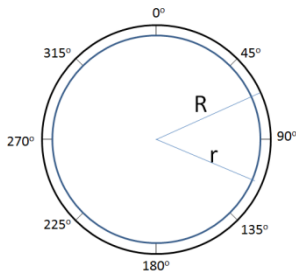
น้ำหนักที่ใช้ในการถ่วงใช้ตะกั่วซึ่งมีความหนาแน่น 11.34 g/cm^3



รูปที่ 5 ตะกั่วที่ใช้เป็นน้ำหนักถ่วง

2.2.1 ด้านหน้ามีตำแหน่งที่สามารถติดน้ำหนัก

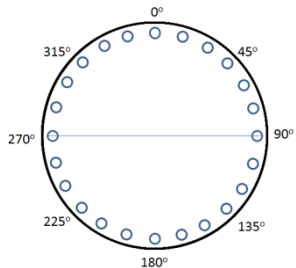
ถ่วงได้ 8 จุด ดังรูปที่ 5



รูปที่ 6 ตำแหน่งเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้านหน้า

2.2.2 ด้านท้าย มีตำแหน่งที่สามารถติดน้ำหนัก

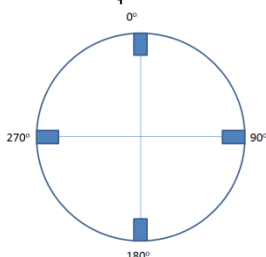
ถ่วงได้ 24 จุด ดังรูปที่ 6



รูปที่ 7 ตำแหน่งเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้านหลัง

2.2.3 ด้านหาง ตำแหน่งที่หางของจรวดสามารถ

ติดตั้งน้ำหนักถ่วงได้ 4 จุด



รูปที่ 8 ตำแหน่งเพิ่มน้ำหนักถ่วงด้านหาง

3. วิธีการพัฒนาเทคนิคการปรับสมดุล

จากค่าที่ได้รับจากเครื่องปรับสมดุลแบบพลวัตกำหนดให้ค่าต่างๆ เป็นดังนี้

m_f คือ มวลตะกั่วถ่วงน้ำหนักด้านหน้า

m_r คือ มวลตะกั่วถ่วงน้ำหนักด้านหลัง

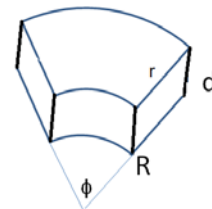
m_t คือ มวลตะกั่วถ่วงน้ำหนักด้านหาง

ϕ_f คือ มุมถ่วงน้ำหนักด้านหน้า

ϕ_r คือ มุมน้ำหนักด้านหลัง

ϕ_t คือ มุมถ่วงน้ำหนักด้านหาง

ดังนั้นจากตำแหน่งติดตั้งน้ำหนักถ่วงด้านหน้าจะสามารถหาค่าปริมาตรของตะกั่วได้ดังสมการ 1



รูปที่ 9 รูปร่างของน้ำหนักถ่วงด้านหน้าและด้านหลัง

$$V = \frac{\phi\pi}{360} (R^2 - r^2) \times d \quad (1)$$

โดยที่

V คือ ปริมาตรของน้ำหนักถ่วง

ϕ คือ มุมของน้ำหนักถ่วง

R คือ รัศมีวงนอกของน้ำหนักถ่วง

r คือ รัศมีวงในของน้ำหนักถ่วง

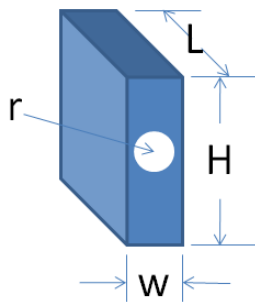
d คือ ความหนาของน้ำหนักถ่วง

และเนื่องจากความหนาแน่นของตะกั่วเท่ากับ 11.34 g/cm^3 ดังนั้นสามารถหามวลของตะกั่วถ่วงน้ำหนักได้จากสมการ 2

$$m = 11.34 \times V \quad (2)$$

สมการที่ 2 สามารถนำมาคำนวณหามวลของ น้ำหนักถ่วงได้ ในกรณีของตำแหน่งถ่วงน้ำหนัก ด้านหน้าและด้านหลัง

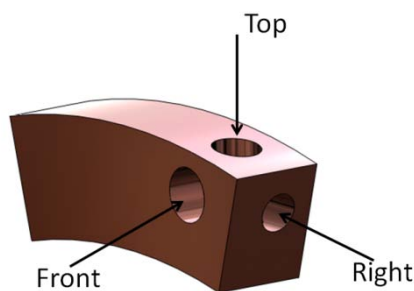
ในกรณีตำแหน่งถ่วงน้ำหนักด้านหน้า รูปร่างของ น้ำหนักถ่วงจะ เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ดังนั้นการหา ปริมาตรจะสามารถหาได้จากสมการที่ 3



รูปที่ 10 รูปร่างน้ำหนักถ่วงด้านหน้า มวลของตะกั่วถ่วงน้ำหนักเป็นไปตามสมการดังนี้

$$m = 11.34L(WH - \pi r^2) \quad (3)$$

จากสมการที่ 2 และ 3 เป็นสมการของมวล น้ำหนักถ่วง การพัฒนาเทคนิคในการปรับสมดุล ใน กรณีของน้ำหนักถ่วงด้านหน้าและด้านหลัง จะใช้การ เจาะน้ำหนักถ่วง 3 ด้าน คือ ด้านบน, ด้านข้างและ ด้านหน้า ดังแสดงในรูปที่ 11



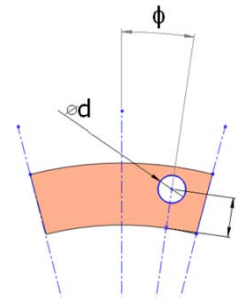
รูปที่ 11 แนวการเจาะเพื่อลดมวลและปรับ จุดศูนย์ถ่วงของน้ำหนักถ่วง

ในกรณีเจาะน้ำหนักด้านหน้า แสดงดังรูปที่ 12 โดยกำหนดให้

ϕ คือ มุมเจาะที่เบี่ยงเบนจากแกนสมมาตร

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะ

r คือ ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงรัศมีด้านใน



รูปที่ 12 การเจาะเพื่อลดน้ำหนักและปรับตำแหน่ง จุดศูนย์ถ่วงของน้ำหนักถ่วง

4. ผลการทดลอง

ผลการคำนวณหามวลของน้ำหนักถ่วงเป็นดังนี้ ตารางที่ 1 มวลของตะกั่วถ่วงน้ำหนักด้านหน้าและ ด้านท้าย เมื่อตัดมุม $\phi = 3 \text{ cm}$

มุม ϕ	มวล(g)
45	80.15773656
40	71.25132138
35	62.34490621
30	53.43849104
25	44.53207586
20	35.62566069
15	26.71924552
10	17.81283035
5	8.906415173

ตารางที่ 2 มวลของตะกั่วถ่วงน้ำหนักด้านหน้าและ ด้านท้าย เมื่อตัดแนวแกน $d = 45$

$d(\text{cm})$	มวล(g)
3.0	80.15773656
2.7	72.1419629
2.4	64.12618925
2.1	56.11041559
1.8	48.09464193
1.5	40.07886828
1.2	32.06309462
0.9	24.04732097
0.6	16.03154731

ตารางที่ 3 มวลของตะกั่วถ่วงน้ำหนักด้านหาง เมื่อตัด
แนวแกน L

L(cm)	มวล(g)
4	55.09434
3.6	49.58491
3.2	44.07547
2.8	38.56604
2.4	33.0566
2	27.54717
1.6	22.03774
1.2	16.5283
0.8	11.01887

[2] หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ,เครื่องปรับสมดุลไดนามิก
,Mechanical Technology Magazine, ปีที่ 6 ฉบับที่
74 ตุลาคม 2550 หน้า 59-64.

5. สรุปผลการทดลอง

จากตัวเลขของมวลตะกั่วพบว่าน้ำหนักถ่วง
ด้านหน้าและด้านท้ายการตัดมุมเมื่อเทียบกับการตัด
ในแนวแกน d จะสามารถให้ค่ามวลที่ต้องการได้
เช่นเดียวกัน ในกรณีเมื่อไม่พิจารณาผลของสกรูจับ
ยึด น้ำหนักถ่วง ส่วนน้ำหนักถ่วงด้านท้ายการตัด
ในแนว L ไม่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องรูปร่างของน้ำหนัก
ถ่วง ซึ่งงานวิจัยนี้ทำให้สามารถหารูปร่างของ
น้ำหนักถ่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการปรับสมดุลของ
จรวดได้ งานที่ควรศึกษาเพิ่มเติมคือผลของสกรู ที่
นำมายึดน้ำหนักถ่วง และวิธีการเจาะรูน้ำหนักถ่วงใน
กรณีต้องลดน้ำหนักถ่วง

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ
(องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนข้อมูลในการทำงานวิจัย
ในครั้งนี้จนสามารถบรรลุไปดด้วยดี สามารถพัฒนา
เทคนิคสำหรับการปรับสมดุลจรวดได้เป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

[1] ปรณัฐ วิสุวรรณและชลวิทย์ พุทธิพงษ์,การทำ
สมดุลไดนามิก โดยระบบเครือข่ายหน่วยประสาท
เทียม,วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 56 ปีที่ 19 สิงหาคม-
พฤศจิกายน 2548 หน้า 1-12.