

ต้นแบบหุ่นยนต์สำรวจท่อขับเคลื่อนแบบสกรูในท่อตรง Prototype In-piper Robot with Screw Drive inside straight pipe

พินิจศรีอุทัย* , พชรจัญพลอย, ธีรศักดิ์ศรีมิตรรุ่งโรจน์และ นิติธรคงแก้ว

¹ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม วงศ์สว่าง บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
ติดต่อ E-mail:taetaeac@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอต้นแบบหุ่นยนต์สำรวจท่อขับเคลื่อนแบบสกรูในท่อพลาสติกและท่อเหล็กขนาด 6 นิ้วและ 8 นิ้วเพื่อศึกษาผลของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สำรวจท่อตรงโดยท่อตรงที่ทำมุมกับแนวราบไม่เกิน 90 องศาและศึกษาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สำรวจท่อที่ใช้การขับเคลื่อนแบบสกรูรวมถึงลักษณะโครงสร้างกลไกการทำงานของหุ่นยนต์ประเภทนี้ ความเหมาะสมของการออกแบบน้ำหนักรูปร่างขอบเขตการใช้และประสิทธิภาพการทำงานพร้อมผลการทดสอบการเคลื่อนที่ในท่อตรงที่ทำมุมต่างๆ กับแนวราบเพื่อนำผลมาปรับปรุงศึกษาพัฒนาหุ่นยนต์สำรวจท่อต่อไป

คำหลัก: หุ่นยนต์สำรวจท่อ, การตรวจสอบท่อ

Abstract

This paper presents Prototype In-pipe robot with screwdriver inside straight plastic pipe and steel pipe dimension 6 inches and 8 inches. Observe movement results of In-pipe Robot where straight pipe made angle to horizontal not more than 90 degrees. And studying the movement In-pipe robot with screwdriver, including the structural characteristics of this type of In-pipe robot suitability of design, weight, shape, scope of use and performance. Along with the test results of the movement in the pipe to bring results to improve the study of the development of In-pipe robot to explore the pipeline further.

Keywords: In-piper Robot, Pipeline Exploration

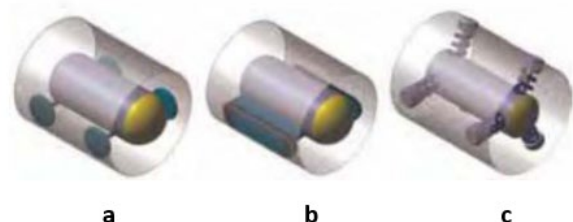
1. บทนำ

การขนถ่าย ลำเลียง วัสดุ ปริมาณมวล ด้วยลม (Pneumatic conveying) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมแป้ง อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ฯลฯ การขนถ่ายวัสดุด้วยลมนี้มีท่อเป็นองค์ประกอบสำคัญในการลำเลียงวัสดุและเป็นส่วนเกิดการสึกหรอมากที่สุด โดยเฉพาะ ภาวะวัสดุบางชนิดถ้าเกิดการรั่วไหลออกจากระบบอาจทำให้เกิดการระเบิดหรือเกิดลุกติดไฟได้ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบสภาพระบบอยู่เสมอซึ่งการตรวจสอบนั้นส่วนใหญ่จะไม่สามารถกระทำได้โดยดูหรือตรวจสอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ภายนอก ซึ่งจะได้ผลการตรวจสอบที่ไม่ถูกต้องมากนัก ดังนั้นจึงมีความจำเป็น อย่างยิ่งที่จะ ต้องตรวจสอบจากภายใน ท่อดังนั้น หุ่นยนต์สำรวจท่อจึงมีความจำเป็น

สำหรับการตรวจสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ของ การตรวจสอบให้มีความถูกต้องมากขึ้น

2. ชนิดของหุ่นยนต์สำรวจท่อ

หุ่นยนต์สำรวจท่อมีใช้งานอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ชนิดที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมมี 3 ชนิด [2] คือ a หุ่นยนต์สำรวจท่อแบบมีล้อ (Wheeled Types) b หุ่นยนต์สำรวจท่อแบบ ล้อตีนตะขาบ (Crawler Types) และ c หุ่นยนต์สำรวจท่อแบบ ล้อ กด ผนัง (Wall-pressing Types)

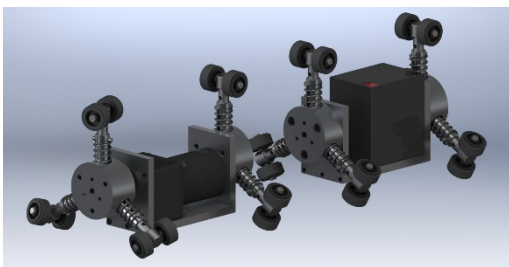


รูปที่ 1 a หุ่นยนต์สำรวจท่อแบบมีล้อ b หุ่นยนต์สำรวจท่อแบบล้อตีนตะขาบ c หุ่นยนต์สำรวจท่อแบบล้อคดผนัง

หุ่นยนต์สำรวจท่อที่นำเสนอในบทความวิจัยนี้เป็นแบบล้อคดผนังขับเคลื่อนแบบสกรู ข้อดีของหุ่นยนต์ประเภทนี้คือ มีกลไก การทำงาน ไม่ซับซ้อน และมีจำนวนชิ้นส่วนประกอบน้อย สามารถเคลื่อนที่ไปได้เกือบทุกส่วนของท่อ ไม่ว่าจะเป็นท่อตรง ท่องอ ท่อแนวตั้ง หรือท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กน้อย ซึ่งหุ่นยนต์สำรวจท่อแบบ ล้อคดผนัง ก็ยังมีแนวโน้มที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้

3. หลักการทำงานส่วนประกอบ

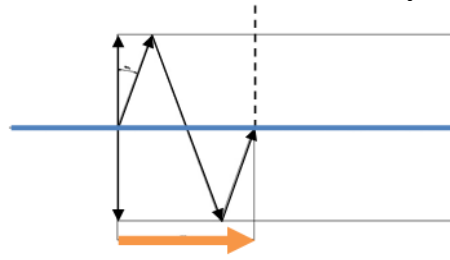
จากแนวคิดของหลักการทำงานการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์นี้ คือการใช้สปริงดันแกนล้อขับทั้งสามให้ชนกับผนังของท่อทดสอบ โดยที่ชุดแกนล้อขับแต่ละชุดจะถูกออกแบบให้ปรับระยะความยาวได้ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ภายในท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่าง ๆ และชุดแกนแต่ละชุดนั้น จะมีระยะเยื้องศูนย์กลางกับการเคลื่อนที่ ดังนั้น เมื่อชุดล้อนี้เกิดการหมุน จะ ทำให้เกิดลักษณะการเคลื่อนที่เป็นเกลียว ควงไต่ไปตามท่อ และชุดขับนี้จะมีหน้าแปลนประกบอยู่เพื่อส่งถ่ายกำลังที่ต้องใช้ในการหมุนจากมอเตอร์ ส่วนชุดล้อตามหรือเรียกได้อีกชื่อหนึ่งว่าชุดล้อยันผนังนำทาง ซึ่งแกนของชุดล้อตามนี้จะถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนที่ไปตามชุดขับ ทำให้หุ่นยนต์เกิดการหมุนควงแบบสกรูไปตามแนวความยาวของท่อที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 2 หุ่นยนต์สำรวจท่อขับเคลื่อนแบบสกรูที่ออกแบบขึ้นสำหรับใช้งานสำรวจท่อขนาด 6 - 8 นิ้ว

หลักการทำงานของระบบกลไกการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สำรวจท่อนั้น เกิดจากการหมุนของชุดล้อขับที่แกนเพลลาของชุดล้อขับนั้นจะเยื้องกันอยู่ เพื่อให้เส้นทางการวิ่งของล้อสัมผัสขณะที่หมุนเคลื่อนที่ไป จะไม่ซ้ำกันกับตำแหน่งเดิม และที่แกนของล้อขับจะทำมุมกับเส้นทางการเคลื่อนที่ ด้วยสาเหตุดังกล่าว นี้จะมีผลทำให้ตัวล้อขับ

จะไม่หมุนอยู่กับที่ แต่จะหมุน ควงไต่ไปตามเส้นทางของมุมการเคลื่อนที่ตามองศาของแกนล้อชุดขับ ซึ่งเราสามารถสังเกตเห็นได้ว่า pathการเคลื่อนที่นี้ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะการขับเคลื่อนหุ่นยนต์สำรวจท่อแบบขับเคลื่อนแบบสกรู[4]

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของหุ่นยนต์สำรวจท่อขับเคลื่อนแบบสกรู

มอเตอร์และประสิทธิภาพ	12 V, 36 watt, 85%
ความเร็วรอบของมอเตอร์	7500 rpm
อัตราทดเฟือง	1:150
น้ำหนักหุ่นยนต์	6.15 kg
แบตเตอรี่	12 v dc

4 การวิเคราะห์การแรงและการเคลื่อนที่

สมการทั่วไปของหุ่นยนต์สำรวจท่อเคลื่อน ที่แบบสกรู ในท่อจะแบ่งสมการของการเคลื่อนที่ออกเป็น 2 แบบ คือ การเคลื่อนที่ในท่อตรงและการเคลื่อนที่ในท่อโค้ง [1]โดยในบทความ วิจัยนี้จะแสดงการเคลื่อนที่ในท่อตรงได้ ดังสมการที่ (1)

$$\begin{bmatrix} Hs \\ 1 \end{bmatrix} = Tz \begin{bmatrix} R \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \cos \beta \\ R \sin \beta \\ R \beta \tan \alpha \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Hs คือตำแหน่งของหุ่นยนต์ ที่อ้างอิงกับแกนโลก R คือ รัศมีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และ Tz คือ ทราบส์ฟอร์มเมชันเมทริกซ์สำหรับการแปลงแกนอ้างอิงระหว่างตัวหุ่นยนต์กับแกนโลก

$$Tz = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & R \beta \tan \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

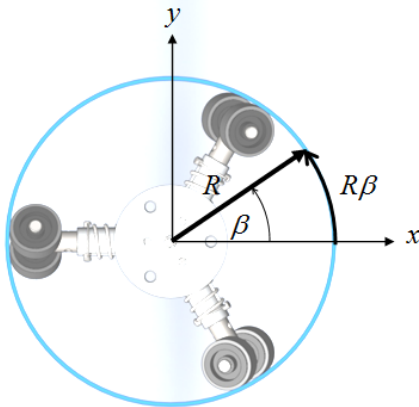
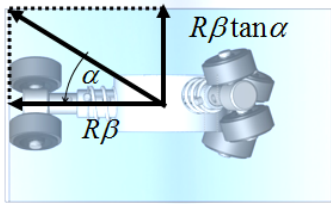
การออกแบบให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในท่อโดยการหมุน ของชุดล้อขับแบบสกรูสามารถวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของชุด

ข้อที่ทำมุมเอียงศูนย์เป็นมุม α กับแนวแกนหมุนด้วยระยะ
รัศมีเท่ากับรัศมีของท่อที่หุนยนต์เคลื่อนที่ เท่ากับ R หมุน
เป็นมุมตามแนวรัศมีเป็นมุม β แสดงได้ดังรูปที่ 4 เป็นการ
วิเคราะห์การเคลื่อนที่ของชุดล้อขับ โดยหุนยนต์ที่สร้างขึ้น
ขึ้นมีชุดขับเพียงชุดเดียว ที่ถูกจัดวางให้อยู่หน้าสุดของตัว
หุนยนต์

จากรูป ที่ 4 และสมการการเคลื่อนที่ทั่วไปของ
หุนยนต์ที่แสดงไว้ก่อนหน้านั้นการเคลื่อนที่ของหุนยนต์
สำรวจท่อสามารถคำนวณระยะการเคลื่อนที่เมื่อชุดขับ
หมุนได้ระยะการเคลื่อนที่ z จากสมการที่ (3)

$$z = R\beta \tan \alpha \quad (3)$$

เมื่อพิจารณา ขณะที่ หุนยนต์เคลื่อนที่ในท่อทำมุมกับ
แนวราบ ขนานกับแกนโลกนั้น จะเกิด แรงปฏิกิริยาที่
กระทำกับตัวหุนยนต์ประกอบด้วยแรงเสียดทานระหว่าง
ล้อกับผนังท่อแสดงดังสมการที่ (4) ซึ่งแรงนี้จะเป็นแรงที่
ทำให้หุนยนต์หยุดนิ่งในท่อได้โดยไม่ต้องใช้แรงขับ



รูปที่ 4 แสดงลักษณะการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของชุดล้อ
ขับของหุนยนต์สำรวจท่อที่สร้างขึ้น

$$f = \mu F_s \quad (4)$$

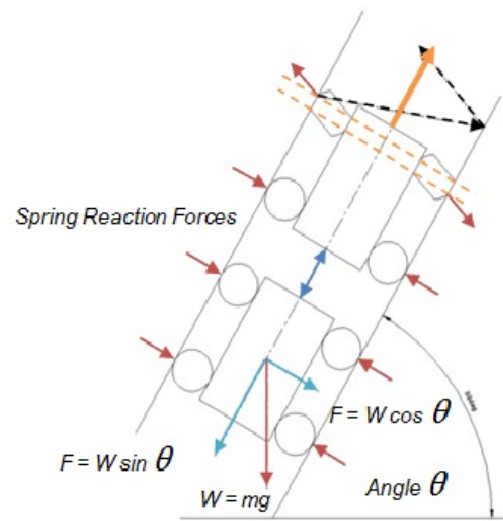
และแรงเสียดทานการกลิ้งของล้อ จะเป็นแรงที่ต้านการ
เคลื่อนที่ขณะที่หุนยนต์กำลังเคลื่อนที่ ควแบบกสกรุดัง
สมการที่ (5)

$$f_R = cF_s \cos \alpha \quad (5)$$

โดยที่ μ คือสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน c คือสัมประสิทธิ์
ความเสียดทาน การกลิ้ง F_s คือแรงกดของสปริงในส่วน
ของชุดล้อขับ ซึ่งต้องทำการพิจารณาการแตกแรงกดของ
สปริงได้ เป็น $F_s \sin \alpha$ และ ส่วนต่อมาคือแรงต้านการ
เคลื่อนที่ที่เกิดจากน้ำหนักของตัวหุนยนต์

$$F_R = W \sin \theta \quad (6)$$

โดยที่ W คือน้ำหนักของตัวหุนยนต์ θ คือมุมเอียงของท่อ
ที่ทำกับแนวราบโดยแรงที่กระทำกับตัวหุนยนต์แสดง ได้
ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แรงต่างๆ ที่กระทำกับตัวหุนยนต์
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุนยนต์ แสดงได้ดัง
สมการที่ (7)

$$v_{ideal} = z_m \omega \quad (7)$$

โดยที่ z_m คือระยะการเคลื่อนที่ของหุนยนต์ในหนึ่งรอบ
การหมุน ω คือความเร็วเชิงมุมของการหมุนและส่วนต่อมา
คือแรงที่ใช้ในการขับเคลื่อนของตัวหุนยนต์

$$F = \frac{P}{v_N} \quad (8)$$

โดยที่ P คือกำลังของมอเตอร์ ซึ่งสามารถ อ้างอิงการ
คำนวณจากมุมของชุดล้อขับที่ทำมุม $\alpha = 20$ องศาได้จาก
ตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ข้อมูลการคำนวณ เบื้องต้นของหุนยนต์ สำรวจ
ท่อขับเคลื่อนแบบควงสกรูในท่อขนาด 6 นิ้ว

	เหล็ก	พลาสติก
ระยะการเคลื่อนที่ใน 1 รอบของ การหมุน	0.174m	0.174m
แรงกดล้อขับ	40.03 N	40.03 N

แรงกดล้อยตาม	34.69 N	34.69 N
แรงเสียดทาน (12 ล้อ)	0.20 N	0.30 N
แรงต้านทานการกลิ้งล้อยับ	9.5 N	9.5 N
แรงต้านทานการกลิ้งล้อยตาม	26.5N	26.5N
แรงในการขับ	292 N	292 N

ตารางที่ 3 ข้อมูลการคำนวณ เบื้องต้นของหุ่นยนต์ สำหรับ ท่อขับเคลื่อนแบบคางสกรูในท่อขนาด 8 นิ้ว

	เหล็ก	พลาสติก
ระยะการเคลื่อนที่ในรอบของการหมุน	0.232m	0.232m
แรงกดล้อยับ	56.71 N	56.71 N
แรงกดล้อยตาม	49.15 N	49.15 N
แรงเสียดทาน (12 ล้อ)	0.20 N	0.30 N
แรงต้านทานการกลิ้งล้อยับ	6.77 N	6.77 N
แรงต้านทานการกลิ้งล้อยตาม	18.73N	18.73N
แรงในการขับ	292 N	292 N

จากสมการที่ (5) - (8) สามารถจัดรูปเพื่อหาสมการ ความเร็วที่แปรผันกับมุมของท่อกับแนวราบได้ดังนี้

$$v_N = \frac{\eta_m F_m v_{ideal}}{\Sigma f_R + F_R} \quad (9)$$

โดยที่ Σf_R คือผลรวมแรงต้านการกลิ้งทั้งหมด

การคำนวณหาแรงกดที่ล้อยับนั้นจะทำการพิจารณาที่ ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว โดย จะ พิจารณาจากระยะยุบตัวของสปริงที่ใช้งาน เพื่อหาแรงที่ กดสปริงแต่ละตัวไว้ และเพื่อพิสูจน์ว่าตัวของหุ่นยนต์นั้น จะยึดกับผนังท่อไว้อยู่หรือไม่ จะอาศัยหลักการคำนวณ ทางทฤษฎีดังสมการที่ (10)

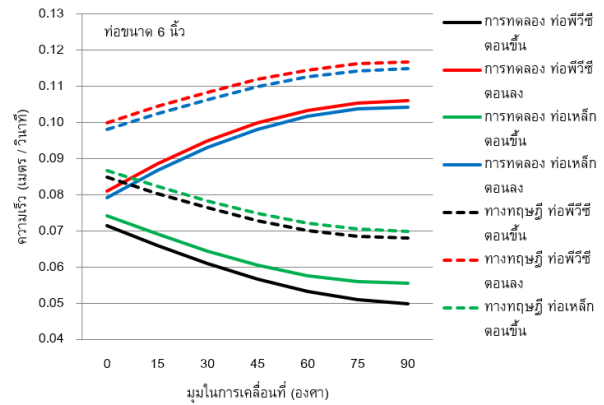
$$F_{spring} = k \Delta s \quad (10)$$

สำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว มีระยะยุบตัว ของสปริงที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร ทำให้เกิดแรง กดล้อยับ 40.036 N แรงกดล้อยตาม 34.698 N ส่วนท่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว มีการปรับระยะแขน หุ่นยนต์ เล็กน้อยซึ่งเกิด ระยะยุบตัวของสปริงที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 1.7 มิลลิเมตรทำให้เกิดแรงกดที่ล้อยับ 56.717 N และแรง กดล้อยตาม 49.1555 N

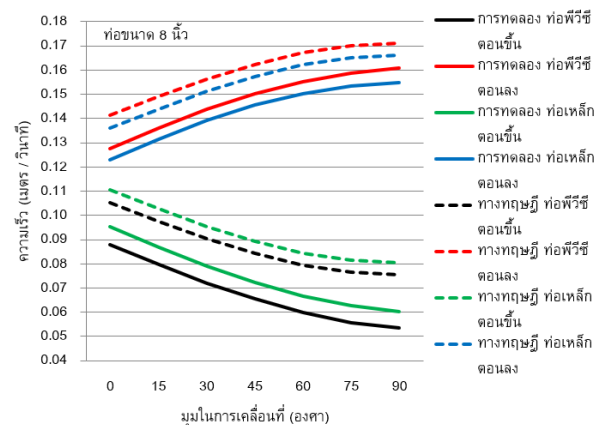
5. ทดลอง

การ ทดสอบให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ในท่อเหล็กและท่อ พลาสติกขนาด 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว โดยมีการปรับให้ท่อทำ มุมกับแนวราบคือ $\theta=0,15,30,45,60,75,90$ องศาเพื่อหา

ความเร็วในการเคลื่อนที่โดยให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นและลง ตามแนวท่อโดยได้ผลการทดสอบเทียบกับผลการคำนวณ ทางทฤษฎีดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบความเร็วในการเคลื่อนที่ ภายในท่อขนาด 6 นิ้ว



รูปที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบความเร็วในการเคลื่อนที่ ภายในท่อขนาด 8 นิ้ว

5.1 ความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้น

จากรูปที่ 6 และ 7 แสดงข้อมูล การเปรียบเทียบ ความเร็วของการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์จาก ทาง การ ทดสอบ และ การคำนวณ ทางทฤษฎี จะเห็นว่า ในช่วง เริ่มต้นไปจนถึงช่วงปลายนั้น ความเร็วของการเคลื่อนที่ มี แนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ช่วงมุมลาดเอียง 30 องศาไปจนถึงแนวตั้งนั้น พบว่าเกิดความ แตกต่าง ของ ความเร็วระหว่างการทดสอบและการคำนวณโดย จะมี ความแตกต่าง กันมากกว่าช่วง มุมลาดเอียงที่น้อยกว่า 30 องศา เนื่องมาจากมุมลาดเอียงที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น จะส่งผล ทำให้เกิดแรงต้านทานการเคลื่อนที่มีค่าสูงขึ้น และชุดตัว ขับนั้นขณะเคลื่อนที่ นั้น ทางผู้วิจัย ได้คำนวณโดยใช้ การ อ้างอิงจากค่าเฉลี่ยของแรงเสียดทานการกลิ้งสูงสุดกับต่ำ สุดแต่ใน ส่วนของ การเคลื่อนที่จริงนั้นช่วงการหมุน

ระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดนั้นจะส่งผล ทำให้ค่าเฉลี่ยที่คำนวณมาได้มีความคลาดเคลื่อนต่างไปจากที่เกิดขึ้นจริง

5.2 ความเร็วในการเคลื่อนที่ลง

จากรูปที่ 6 และ 7 จะเห็นว่าช่วงเริ่มต้นของกราฟนั้นเส้นทั้งสองของแต่ละกราฟนั้นมีความแตกต่างกัน แต่ก็ยังคงมีทิศทางและแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนช่วงปลายของแต่ละกราฟนั้นเกือบจะมีค่าเท่ากัน หรือ กล่าวได้ว่าการทดสอบการเคลื่อนที่ลงนั้น ช่วงเริ่มต้นทดสอบถึงมุมลาดเอียง 45 องศา นั้น แรงช่วยในการเคลื่อนที่นั้นจะมีค่าตามที่ได้อ่านไว้ แต่การขับเคลื่อนจากมอเตอร์ของชุดขับนั้นมีช่วงที่แรงบิดมีค่าสูงสุด และช่วงแรงบิดมีค่าต่ำสุด จากมุมในการหมุนของชุดขับ ลักษณะเดียวกันกับการเกิดแรงเสียดทานจากการกลิ้งโดยน้ำหนักสำหรับการเคลื่อนที่ขึ้น การที่ใช้ค่าเฉลี่ยค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดมาทำการคำนวณเป็นค่าที่เฉลี่ยจากการหมุน 1 รอบแต่ตามหลักความเป็นจริงนั้น ช่วงระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดนั้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นทุกๆ องศาของการหมุน ส่งผลให้ค่าที่คำนวณออกมาได้จะมีค่าที่ความเร็วที่สูงกว่าแต่สาเหตุที่ช่วงปลายของกราฟเส้นทั้งสองนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมากเมื่อเทียบกับตอนแรกนั้น เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ที่ เกินกว่า 60 องศาขึ้นไปนั้นแรงกดที่แกนล้อทั้งสามจะมีค่าใกล้เคียงกัน กับในกรณี การเคลื่อนที่ที่ 90 องศา ซึ่งสปริงทั้งสามตัวของแต่ละชุด ล้อตาม จะรับแรงในแกนการเคลื่อนที่เท่ากันทั้งหมดแต่เหตุผลที่ว่ากรณีที่รับแรงเท่ากันทั้งหมดนั้น แล้ว ความเร็วจากการทดสอบยังมีค่าไม่เท่ากับค่าที่คำนวณทางทฤษฎีนั้นเนื่องมาจากในการคำนวณ ทางผู้วิจัยได้พิจารณาเฉพาะ แคน้ำหนักที่มีอิทธิพล ต่อการเคลื่อนที่มาก ๆ เช่น โครงสร้าง ของตัวหุ่นยนต์ มอเตอร์ แบตเตอรี่ แต่ พวกชุดวงจรหรือพวกสายไฟต่าง ๆ นั้นไม่ได้ถูกนำ พิจารณา ร่วมด้วย แต่ในความเป็นจริงที่เกิดจากการทดสอบ แล้วนั้น ขนาดของน้ำหนักเล็กน้อยนั้น ก็ จะส่งผล ทำให้จุดศูนย์กลางมวล และแรงต้านทาน การเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์สำรวจท่อเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน

6. สรุป

จากการทดสอบ การทำงานของ หุ่นยนต์ สำรวจท่อให้เคลื่อนที่ตามแนวท่อตรง ที่ทำมุมลาดชันกับแนวราบผลที่ได้คือหุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ไปในท่อแนวตรงทำระดับที่มุมต่างๆได้ความเร็วของการเคลื่อนที่ไม่ต่างกันมากนัก

เมื่อมุมของท่อเปลี่ยน แปลงไป ซึ่งแสดงให้เห็น ว่ามุมของท่อไม่มีผลกระทบมากนักต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์แต่ ส่วนที่มีผลกระทบ ค่อนข้างมาก คือน้ำหนักของระบบตัวหุ่นยนต์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อหุ่นยนต์เคลื่อนที่ขึ้นจะมีความเร็วช้ากว่าขณะที่หุ่นยนต์เคลื่อนที่ลง โดยมีความ แตกต่างกันมากในทุกแนวระดับของการเคลื่อนที่นอก จากนี้ยังพบว่าจากการทดสอบเพิ่มยังพบว่านอกจากหุ่นยนต์ที่ออกแบบนั้นสามารถเคลื่อนที่เข้าไปภายในท่อทั้งในแนวราบ แนวลาดเอียง และแนวตั้งได้เป็นอย่างดีแล้วการเคลื่อนที่ในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นกรณีที่มีวัสดุตกค้างอยู่ภายในท่อ ในช่วงการเลี้ยวเข้าโค้งที่มีรัศมีในการเข้าโค้งต่ำกว่า 0.5 เมตร เมื่อมีวัสดุตกค้างอยู่จะยังไม่สามารถ เคลื่อนที่ผ่านได้ดีเท่าที่ควร ส่วนเรื่องของสภาพของผิวท่อ นั้นไม่ได้เป็นปัญหาต่อการใช้งานเท่าใดนัก เนื่องจากตัวหุ่นยนต์นี้ได้ถูกพัฒนาให้มีความยืดหยุ่นสูง เราจึงสามารถหาชิ้นส่วนมาปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของเส้นทาง การสำรวจ นั้นๆ ได้ ส่วนผลการทดสอบที่ คลาดเคลื่อน ไปจากทางทฤษฎีที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ นี้ ยังอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณา เช่น ความเรียบของผิวท่อรวมถึงความชื้นภายในท่อ และยิ่งขาดการทดสอบผ่านท่ออซึ่งเป็นเรื่องที่ควรพิจารณา ถึงอย่างมากในการศึกษา วิจัยและพัฒนาต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ankit Nayak and S. K. Pradhanb. (2014). Design of a New In-Pipe Inspection Robot,paper presented in 12th GLOBAL CONGRESS ON MANUFACTURING AND MANAGEMENT,Bhopal INDIA
- [2] IszmirNazmi Ismail, AdzlyAnuar and Luniza Md Saad. (2012). Development of In-pipe Inspection Robot: A Review, paper presented in Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology,Kuala Lumpur, Malaysia.
- [2] IszmirNazmi Ismail, AdzlyAnuar and Luniza Md Saad. (2012). Development of In-pipe Inspection Robot: A Review, paper presented in Conference on Sustainable Utilization and



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่33
วันที่ 2-5 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 จังหวัดอุดรธานี

DRC – 019



Development in Engineering and
Technology, Kuala Lumpur, Malaysia.

[3] DamrongTaksanont. (2017). Inspection Robot
Prototype Development, Oil & Gas Today Vol 4
No 13 January March 2017, Bangkok.

[4] SOPHON SETCHAROEN and VEERAPAT
AMORNITTIKUL. (2012). IN-PIPE SURVEY &
INSPECTION ROBOT, KING MONGKUT'S
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY NORTH BANGKOK.