



## การออกแบบท่อพ่นแก๊สร้อนของจรวดและฉนวนกันความร้อน

ณัฐวัฒน์ วิญญา<sup>1\*</sup>, สุวิชา จันทน์กระพ้อ<sup>2</sup> และ นายสุริยะเวช บุญธรรารัตน์<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ส่วนงานวิศวกรรมระบบขับเคลื่อน ฝ่ายวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน)

อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) จ.นนทบุรี 11120

<sup>2</sup> ส่วนงานพลังงานทดแทน ฝ่ายวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน)

อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) จ.นนทบุรี 11120

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ณัฐวัฒน์ วิญญา อีเมลล์: nattawat.w@dti.or.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบท่อพ่นแก๊สร้อนของจรวด (Nozzle) โดยแบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาการออกแบบท่อพ่นแก๊สร้อนและการศึกษาคุณสมบัติของฉนวนที่ใช้ในส่วนของการพ่นแก๊สร้อน เบื้องต้นศึกษาแบบจำลองเพื่อหาอัตราการเสียดการ่อนทางความร้อน (Ablation Rate) ระหว่างค่าทางทฤษฎีและค่าจากการทดสอบพบว่าเมื่อสัมพันธ์แรงขับที่น้อยลงมีอิทธิพลกับแรงขับและประสิทธิภาพของจรวด โดยปรกติจะยอมรับที่ 10% สำหรับส่วน divergence ที่ออกแบบส่วนผาย 15 องศา แต่ในการออกแบบจริงนั้นสามารถทำได้ยาก ถ้าต้องการเพิ่มประสิทธิภาพจำเป็นต้องปรับปรุงร่างเป็นแบบ bell ซึ่งจะสามารถเพิ่มความยาวของส่วนท่อพ่นแก๊สได้ตามการออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สามารถใช้ในการพัฒนาวัสดุสำหรับท่อพ่นแก๊สร้อน ในส่วนการออกแบบฉนวนกันความร้อนของท่อพ่นแก๊สตามมาตรฐาน MIL-I-24768 ที่ใช้ผลิตฉนวนเสริมแรงจากสารประกอบฟีนอลิกและเส้นใยแก้วเสริมแรง ในงานวิจัยนี้ศึกษาคุณสมบัติเชิงกล คุณสมบัติทางความร้อนและการทนต่อความเสียดการ่อนทางความร้อน ผลการทดสอบพบว่า ค่าความหนาแน่นมีค่าระหว่าง 1.5-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความเค้น 180 เมกะปาสคาล และค่าความทนทานต่อการเสียด

การ่อน 0.13 มิลลิเมตรต่อวินาที เมื่อทดสอบคุณสมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิค TGA และ DSC พบว่า ฟีนอลิก/เส้นใยแก้วคอมโพสิตมีปริมาณถ่านที่เหลือประมาณ 10% และมีการสลายตัวใน 2 ช่วงอุณหภูมิ และเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อนในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 200-250 องศาเซลเซียส จากปฏิกิริยาครอสลิงค์ที่เกิดจากฟีนอลิก ดังนั้นสามารถนำฟีนอลิก/เส้นใยแก้วคอมโพสิตมาใช้กับเป็นฉนวนสำหรับท่อพ่นแก๊สร้อนของมอเตอร์จรวดได้

**คำสำคัญ :** การเสียดการ่อนทางความร้อน, ท่อพ่นแก๊สร้อน, ฟีนอลิกเรซิน, มอเตอร์จรวด

### 1. บทนำ

เมื่อความร้อนภายในท่อจรวดเกิดขึ้นทำให้เกิดแก๊สร้อนความดันสูงไหลผ่านส่วนท่อพ่นแก๊สร้อนที่มีลักษณะคอคอด จะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ในการขับเคลื่อน โดยอัตราส่วนการไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดก่อน และหลังท่อพ่นแก๊สร้อนไม่เท่ากัน [1-3] วัสดุสำหรับใช้ผลิตท่อพ่นแก๊สมีทั้งโลหะ กราไฟท์ และไฟเบอร์เสริมแรง ซึ่งวัสดุโลหะถูกนำมาใช้ทั้งในส่วนก่อนและหลังคอคอดโดยทั่วไป กราไฟท์ถูกนำมาใช้ในส่วนคอคอดของท่อพ่นแก๊สร้อน และไฟเบอร์เสริมแรงนำมาใช้ในส่วนฉนวนกันความร้อน เนื่องจากคุณสมบัติการทนต่อการเสียดการ่อนจากแก๊สร้อนที่ไหลผ่านซึ่งมี