

Development of Ti-Taper Reed Valve for Microwave Rocket and Effect on Its Thrust Performance

－ マイクロ波ロケットのチタンテーパリードバルブの開発と推力性能に与える効果－

学生証番号 47126073 氏名 栗田 哲志
(指導教員 小紫 公也 教授)

Key Words : Microwave Rocket, Air-breathing engine, Reed valve, Repetitive pulse frequency

マイクロ波ロケットは宇宙開発のための超低コスト大量物資輸送手段として期待されている。マイクロ波ロケットは周辺大気を推進剤として利用する事により少量の推進剤のみを積むだけでよく、高ペイロード比をとることが可能となる。またエンジンサイクルとしてパルスデトネーションを利用しているため、ターボポンプのような複雑な機構を必要とせず簡素な機体構造を実現できる。またマイクロ波発振源装置であるジャイロトロン建設費用は高価だが、地上にあるためメンテナンスが容易であり繰り返し使用が可能のため打ち上げ回数に比例して従来の使い捨て型化学推進ロケットより格段に打ち上げコストを下げることができる。

過去の研究において、推進機に強制給排気機構を搭載しマイクロ波照射中に常時空気を推進機に流入させることで力積の低下を抑制できた。しかし強制給排気機構は複雑な装置であり実際に搭載して打ち上げることは不可能であるため、より簡素な機体構造で吸気を行うことができるリードバルブ式吸気機構が導入された。そして過去に素材がSUS304CSP、厚みが0.2 mm、0.3 mmのリードバルブが使用された。ところが0.2 mm厚のバルブは塑性変形し高圧の漏れが生じ、力積が低下した。0.3 mm厚のバルブは目立った変形はしなかったが吸気量が低下した。

そこで本研究では、次にあげる二つの課題を設定した。まず一つ目は過去のリードバルブの問題点を受けて、塑性変形せず吸気量を大きくすることが可能なリードバルブを開発する事である。二つ目は開発したリードバルブの吸気性能を評価する事である。評価方法として部分充填率、衝撃波速度上昇率、推力を上げた。

新しいリードバルブを開発するにあたり、塑性変形を回避するため高い降伏応力を持つチタンを素材に選定した。チタンの降伏応力を元に様々な形状をもつバルブの最大応力と変位を解析し、幅方向と厚み方向にテーパを持つチタンテーパリードバルブを開発した。そして過去使用された0.2 mm厚のリードバルブとチタンテーパリードの吸気量を、バルブの開口面積を想定し質量流量の式を時間積分する事で求めた。その結果吸気量が向上する事が示された。次にリードバルブからの吸気により推進機内部の温度を冷却し衝撃波速度上昇率を抑制する効果し推力時向上効果があることも明らかにした。そしてリードバルブ搭載・非搭載推進機で各々の推力電力比を求め、バルブを搭載する事で推力電力比が大きくなる事、ひいては推力が向上する事を示した。しかし大きいデューティ比領域において推進機内部で着火する途中着火現象が顕著に確認された。途中着火が生じると推進機上部で高圧が発生しなくなり、推進機内部で高圧を維持する時間が短くなり推力が低下する。この現象に対して、リードバルブの搭載数こそ異なるが、推進機内部に存在するリードバルブなどの固定具を金属から絶縁体に変更する所で、推進機上部において高圧が正常に発生する事がわかった。これにより、将来のリードバルブ式搭載推進機的设计指針が得られた。