

# بررسی عملکرد و کاربرد محفظه احتراق گردابه ای در سامانه های پیشرانش موشکی و فضایی

اسد صاغری<sup>۱</sup>

دانشکده مهندسی دانشگاه صنعتی  
خواحه نصیرالدین طوسی

نوربخش فولادی<sup>۲</sup> و مهرداد بزاززاده<sup>۳</sup>

دانشکده مهندسی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

علی اصغر طالبلو<sup>۴</sup>

دانشکده مهندسی دانشگاه صنعتی  
خواحه نصیرالدین طوسی

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹ / ۱۰ / ۶

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹ / ۷ / ۲۲

## چکیده

در این مقاله به بررسی عملکرد و کاربرد محفظه احتراق گردابه ای در سامانه های پیشرانش سوخت مایع پرداخته شده است. در تکنولوژی جدید به کار رفته در محفظه احتراق سیستم های پیشرانش سوخت مایع با چیدمان خاص، تزریق گره های مولفه های پیشرانش به درون محفظه یک جریان گردابه ای عمودی درون محفظه احتراق ایجاد می کنند. این گردابه کمک زیادی به خنک کاری و افزایش میزان اختلاط مولفه های پیشرانش در محفظه احتراق کرده، بدینوسیله می توان در یک محفظه احتراق با حجم کوچک یک احتراق کامل ایجاد نمود.

**واژه های کلیدی:** محفظه احتراق گردابه ای، سامانه های پیشرانش سوخت مایع، تزریق گر، سوخت

## Investigation of the Performance and the Application of Vortical Combustion Chamber in Space and Rocket Propulsive Systems

A. Saghari

Eng. School  
Khaje-Nasir Univ. & Tech

N. Fooladi & M. Bazzazadeh

Eng. School  
Malek-Ashtar Univ. & Tech

A. Talebloo

Eng. School  
Khaje-Nasir Univ. & Tech

### ABSTRACT

In this work, the performance and the application of vertical combustion chamber in liquid fuel propulsive system have been investigated. In new technology, the related injection inforce a vertical. How inside the combustion chamber, which help the walls, cooling and the mixing & combustion component. This way, a complete combustion is performed in a combustion chamber with small volume.

**Keywords:** Vortical Combustion Chamber, Liguid Fuel Propulsive Systems, Injector, Fuel

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد (نویسنده ی پاسخگو): Saghari\_asad@yahoo.com

<sup>۲</sup> استادیار: N\_fouladi@mut.ac.ir

<sup>۳</sup> استادیار

<sup>۴</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد

## ۱- مقدمه

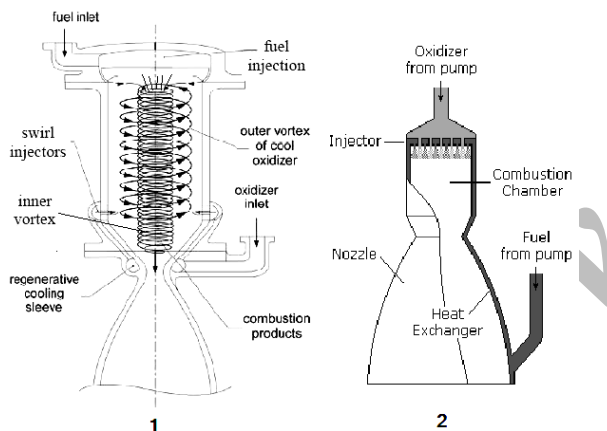
داخلی شکل می گیرد. همچنین به علت نیروی سانتریفیوژ گازهای سرد که دارای چگالی بالاتری هستند به مجاورت دیواره های جانبی رانده می شوند و گازهای داغ حاصل از احتراق با چگالی کمتر در گردابه داخلی محدود می شوند. در نتیجه دیواره ها جانبی توسط یک لایه گاز خنک از محدوده احتراق جدا می شوند و از اثرات بارهای حرارتی آن در امان می مانند [۵ و ۳، ۱].

معمولاً این نوع محفظه احتراق را با نام های اختصاری زیر می شناسند:

خنک کاری دیواره با روش گردابه ای (VCCW)،

کنترل محفظه احتراق به روش گردابه ای (VCCC)،

مدل شماتیک این محفظه و محفظه های متداول در شکل ۱ نشان داده شده است [۵ و ۳، ۱].



شکل (۱): نمای شماتیک محفظه احتراق گردابه ای (۱)

و متداول (۲) برای موتورهای سوخت مایع [۱].

## ۳- مزیت های استفاده از این فناوری عبارتند از:

۱- خنک کاری مناسب بدنه محفظه احتراق: (به عنوان نمونه تست با مؤلفه های اکسیژن گازی و هیدروژن گازی که محفظه احتراق مورد آزمایش از یک نوع پلاستیک فشرده نورگذر<sup>۲</sup> ساخته شده بود تا درون آن مشخص باشد. فشار محفظه حدود  $6894.76 \text{ n/sqm}$  و نسبت اختلاط ۶ در نظر گرفته

در یک جریان چرخشی<sup>۱</sup> ذرات موجود در آن علاوه بر نیروهای در راستای جریان تحت تأثیر یک نیروی دیگر که در راستای مرکز انحنا است قرار می گیرند به این نیرو به اصطلاح نیروی سانتریفیوژ گفته می شود. این نیروی نهفته در جریان چرخشی مبنای ایده تولید گردابه در محفظه احتراق است. در خلاصه ای مقاله بطور مختصر به بررسی عملکرد، مزایا و برخی کاربردهای این فناوری اشاره شده است. در نسخه اصلی مقاله ی نتایج حاصل از تست های انجام شده به همراه گراف ها و نمودارهای مربوطه ارایه شده است.

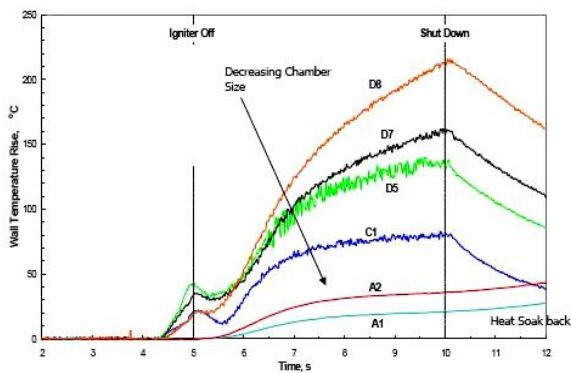
## ۲- بررسی عملکرد موتور

همانطور که می دانیم در موتورهای متداول صفحه تزریق گر در بالای محفظه احتراق قرار دارد و از طریق آن سوخت و اکسید کننده به درون محفظه تزریق می شوند. برای کنترل نرخ انتقال حرارت به بدنه موتور از روش های متداول موجود که هر کدام دارای افت ها و معایبی برای سامانه پیشرانش هستند استفاده می شود [۱-۲]. اما در روش جدید راه متفاوتی در پیش گرفته شده است و روی کنترل احتراق و دمای دیواره با استفاده از برهمکنش جریان های حلقوی و گردابه ای کار شده است. برای این منظور

اکسیدکننده از قسمت همگرای محفظه و کمی بالاتر از گلوگاه به صورت مماس بر دیواره به درون محفظه تزریق می شود. و تولید یک جریان گردابه ای رو به بالا می کند. این جریان در مجاورت دیواره بالا می رود تا به صفحه بالای موتور برسد و سپس جریان گردابه ای به سمت مرکز محفظه متمایل شده و به درون خود پیچیده و ایجاد یک جریان گردابه ای هم محور رو به پایین می کند. در همین هنگام سوخت از طریق سوخت پاش های موجود در بالای محفظه به مرکز گردابه داخلی تزریق می شود. با توجه به آشفتگی شدید جریان ها در محدوده بالایی محفظه احتراق سوخت به خوبی با اکسیدکننده ترکیب می شود و احتراق در گردابه

<sup>۲</sup> Acrylic or Plexiglas

<sup>۱</sup> Vortex Flow



شکل (۲): افزایش دمای دیواره های جانبی برای محفظه ها احتراق گردابه ای با ابعاد متفاوت [۶و۵]

#### ۴- تست های موفق

تست های موفق موتور سوخت مایع با محفظه احتراق گردابه ای عبارتند از [۱، ۳-۶، ۸]:  
 اکسیژن (گازی و مایع) و متان (گازی و مایع)،  
 اکسیژن (گازی و مایع) و RP-1،  
 اکسیژن (گازی و مایع) و هیدروژن (گازی و مایع)،  
 اکسیژن گازی و منواکسید کربن گازی،  
 اکسیژن مایع و پروپان مایع،  
 اکسیژن گازی و کراسین،  
 هوای غنی شده با اکسیژن و پروپان.

#### ۵- کاربردها

برخی پروژه های فضایی که این فناوری در آنها به کار رفته عبارتند از:  
 پروژه حامل فضایی یک مرحله ای برای مدار LEO با نام آکاریوس<sup>۱</sup> که قادر به حمل حدود یک تن بار مفید به مدار (۲۰۰ km) و زاویه ۵۲ درجه است.  
 پروژه طراحی یک موتور سوخت مایع با تراست حدود ۱۳۳۵۰۰ نیوتون توسط شرکت ORBITEC که از متان مایع و اکسیژن مایع استفاده می کند و همچنین قابلیت کار کردن با پروپان مایع و اکسیژن مایع را هم دارد.

شده بود و دمای دیواره ها جانبی با استفاده از ترموکوپل هایی که در فاصله ۲mm از جداره داخلی قرار داشتند اندازه گیری می شد. مشاهده شد که دمای دیواره در تمام حالت های غیر بهینه زیر ۲۵۰ درجه سلسیوس است و با کاهش اندازه محفظه احتراق به زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس هم می رسد. در حالی که دمای گازهای ناشی از احتراق در گردابه داخلی بیش از ۳۰۰۰ درجه سلسیوس است. (شکل ۲؛ [۵و۴]).

۲- افزایش میزان اختلاط و راندمان احتراق محفظه [۱].

۳- عدم نیاز به سامانه توربوپمپ قدرتمند و سنگین (در سامانه های خنک کاری متداول، مانند خنک کاری بازایی، جریان سوخت از درون لوله های باریک و طولی که در اطراف محفظه موتور هستند، عبور می کنند. این عمل باعث افت فشار شدید در جریان سوخت شده و مستلزم به کارگیری یک سامانه پمپاژ قوی تر است. اما با استفاده از روش گردابه ای دیگر نیازی به لوله کشی در اطراف محفظه احتراق نیست و در نتیجه افت فشاری هم در کار نخواهد بود و اگر هم برای برخی قسمت ها مانند گلوگاه از سامانه های متداول استفاده کنیم نرخ جریان خیلی کمی نیاز است و افت فشار ناچیزی هم خواهیم داشت.) [۱].

۴- کاهش وزن موتور،

۵- کاهش زمان و هزینه ساخت و عملیاتی کردن موتور [۱].

۶- افزایش عمر مفید و قابلیت استفاده مجدد از موتور [۱] و

۷- افزایش قابلیت اطمینان موتور: (به علت کاهش تعداد قطعات به کار رفته در موتور) [۱].

## ۷- نتیجه گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده استفاده از این فناوری در سامانه‌های پیش‌رانش موشکی و فضایی بومی می‌تواند منجر به ساده‌شدن ساختار سامانه پیش‌رانش در عین افزایش کارایی، قابلیت اطمینان و کاهش زمان و هزینه ساخت آن شود.

## مراجع

۱. صاغری، ا. " بررسی عملکرد محفظه احتراق گردابه ای در سامانه های پیش‌رانش موشکی و فضایی"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تیر ۱۳۸۸.
2. Martin, J. and Turner, L. "Rocket and Spacecraft Propulsion Principles, Practice and New Developments "3rd Edition" Springer Chichester, UK, 2009.
3. Paul, A.C. and Claudio, B. "Future Spacecraft Propulsion Systems Enabling Technologies for Space Exploration "2nd Edition" Springer Cichester, UK, 2009
4. U.S. Commercial Space Transportation Developments and Concepts" P-13 january 2008
5. Martin J. C. Matthew J.M.J. Arthur S.W.H. Knuth, and Daniel J. G. "Orbital Technologies Corporation" Madison, and Joseph Mjdalani Marquette University, Milwaukee" Vortex Thrust Chamber Testing and Analysis for O2-H2 Propulsion Applications" the 39th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit. July 2003 Huntsville, AL.
6. Andrew E. T. "Space Systems/Loral "Aquarius Low Cost Launch Main Engine Study " AIAA-RS3. April 2005.
7. California Space Authority " Aquarius: Low-Cost Low Reliability Consumables Launcher" 22 January 2004.
8. Huu, P.T. NASA/Marshall Space Flight Center & Williams Knuth Orbital Technologies Corporation & Scott Michaels U.S. Army Missile Command " Evaluation of Vortex Chamber Concepts for Liquid Rocket Engine Applications".