

بررسی اثر دبی و درصد اختلاط در مخلوط‌های غیر پیش آمیخته تا آمیخته متان - اکسیژن بر رژیم‌های شعله میکرو در طول راکتورهای مختلف

بهرام محمدزاده	صادق تابع جماعت	سروش صرافان صادقی	امین آرامش
دانشجو کارشناسی ارشد هوافضا	استاد دانشکده هوافضا	دانشجو دکتری	دانشجو دکتری
دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دانشگاه صنعتی امیرکبیر
bahramm@aut.ac.ir	sadegh@aut.ac.ir	Soroush.s.s@aut.ac.ir	aramesh@aut.ac.ir

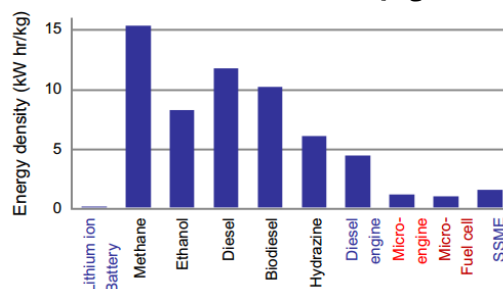
چکیده

در این مقاله به بررسی احتراق میکرو و رژیم‌های مختلف شعله در محفظه احتراق استوانه‌ای به قطر ۲ میلی متر و طول‌های مختلف ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متری پرداخته گردیده است. سوخت و اکسنده مورد استفاده متان و اکسیژن می‌باشد که از شرایط اختلاط غیر پیش‌آمیخته تا پیش‌آمیخته مورد بررسی قرار گرفته است. که برای سه دبی مختلف مجموع سوخت و اکسنده ۰.۳، ۰.۴ و ۰.۵ لیتر استاندارد بر دقیقه مورد آزمایش قرار گرفته است. بر اساس نتایج حاصل می‌توان به تاثیر مطلوب پیش‌آمیختگی به علت افزایش سطح تماس و اختلاط مطلوب بر تشکیل شعله ساکن در احتراق میکرو و تاثیر افزایش طول راکتور در امکان ایجاد رژیم‌های مختلف آن اشاره کرد، همچنین با افزایش دبی سیال بر اساس آزمایش‌ها و نتایج حاصل از آن با افزایش دبی سیال شاهد افزایش بازه تشکیل رژیم‌ها تشکیل احتراق میکرو به علت نزدیک شدن به توازن بهتر میان سرعت شعله با سرعت سیال می‌باشیم.

کلمات کلیدی: احتراق میکرو، پیش‌آمیخته، غیر پیش‌آمیخته، رژیم شعله

مقدمه

با گسترش روز افزون صنایع پیشرفته مباحث MEMS و استفاده روز افزون از سیستم‌های الکترونیکی، نیاز به تامین توان این وسایل از اهمیت روزافزونی برخوردار شده اند، بر همین اساس تحقیق برای دستیابی به منابع تامین توانی با قدرت و دوام بالاتر به یکی از چالش‌ها و مباحث تحقیقاتی مهم تبدیل گشته است، استفاده از انرژی نهان واکنش‌های شیمیایی به خصوص سوخت‌ها با توجه به پتانسیل انرژی بالای نهفته در آن‌ها هر روز بیشتر در کانون توجه قرار می‌گیرد، بر همین اساس تحقیق برای ساخت میکرو راکتورها و تحقیقات بر روی خواص احتراق میکرو دارای اهمیتی خاص می‌باشد، که پنجره‌ای رو به فردا جهت بهره برداری بهینه از انرژی نهفته در سوخت‌ها را جهت مصارف گوناگون جدید مهیا می‌کند، جهت پی بردن به اهمیت این موضوع می‌توان به نمودار مقایسه انرژی باتری‌های لیتیوم ایون به عنوان یک پرچمدار حوزه باتری با انرژی سوخت‌های مختلف نگاه کرد [۱][۲][۳][۴].



شکل ۱- مقایسه چگالی انرژی باتری لیتیوم-یون با سوخت‌های هیدروکربنی و موتورهای مختلف [۵].

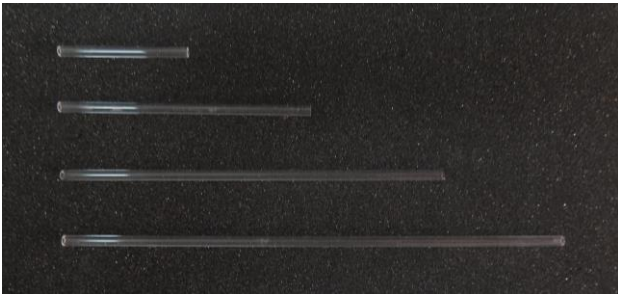
در حوزه فضایی و با توجه به رشد روزافزون تکنولوژیکی در عمر ساخت میکرو ماهواره‌ها نیاز به تراسترهایی با تراست حدودی ۱ تا ۱۰۰۰ میلی نیوتون و ضربه مخصوص بالا در حدود ۲۵۰ تا ۴۵۰ ثانیه مورد نیاز می‌باشد، در این حدود تراست تراسترهای الکتریکی تا حدودی کمبود چنین تراسترهایی را پر کرده اند ولی با توجه به مشخصات مورد نیاز میکرو ماهواره‌ها توسعه تراسترهای شیمیایی میکرو یا به اصطلاح میکرو تراسترهای شیمیایی به عنوان راه حلی مهم مورد توجه بیشتر قرار گرفته اند که این خود یکی دیگر از کاربردهای مهم بحث احتراق میکرو و آینده آن را در صنعت فضایی و تکنولوژی جهانی نشان می‌دهد [۳][۶].

در تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است، از سه مقیاس متفاوت برای تعریف "احتراق میکرو" استفاده شده است. یک مقیاس، که به صورت گسترده برای تعریف احتراق در "مقیاس میکرو" و "مقیاس مزو" استفاده شده است، قطر فیزیکی محفظه احتراق می‌باشد. اگر مقیاس طول فیزیکی محفظه احتراق ۱ میلی متر و کم تر باشد، احتراق، احتراق میکرو نامیده می‌شود. در غیر این صورت، اگر مقیاس طول فیزیکی بزرگتر از ۱ میلی متر و از مرتبه ۱ سانتی متر باشد، احتراق، احتراق مزو می‌باشد. این تعریف به صورت گسترده در توسعه میکرو موتورها استفاده شده است [۶]. تعریف دوم استفاده از یک مقیاس طولی مرجع برای شعله، یعنی قطر خاموشی^۱ می‌باشد [۷]. در این روش، احتراق به صورت "احتراق میکرو" (احتراق مزو) تعریف می‌شود اگر اندازه محفظه احتراق کوچک تر (بزرگ تر) از قطر خاموشی باشد. این تعریف با توجه به رژیم‌های مختلف شعله ملموس تر بوده و در مطالعات بنیادی احتراق میکرو در بین محققین از مقبولیت بیش تری برخوردار می‌باشد. هرچند، از آنجایی که قطر خاموشی تابعی از ترکیب مخلوط و ویژگی‌های دیواره (دما و واکنش پذیری سطح) می‌باشد، مشخص کردن مرز بین احتراق میکرو و مزو به صورت کمی در این تعریف مشکل می‌شود. روش سوم برای تعریف احتراق میکرو استفاده از مقیاس طول نسبی کل وسیله نسبت به دستگاه‌های بزرگ رایج برای همان هدف می‌باشد. برای مثال، یک محفظه احتراق در یک ماهواره کوچک، لزوما باعث نمی‌شود که آن یک محفظه احتراق میکرو قلمداد شود [۸]. آن فقط نشان می‌دهد که محفظه احتراقی که در ماهواره کوچک که در حدود ۱۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم جرم دارد در مقایسه با یک ماهواره تجاری معمولی که بالای ۱۰۰۰ کیلوگرم جرم دارد "میکرو" حساب می‌شود. بنابراین پژوهش‌گران از این تعریف برای توسعه میکرو تراسترها در کاربرد های خاص استفاده می‌کنند.

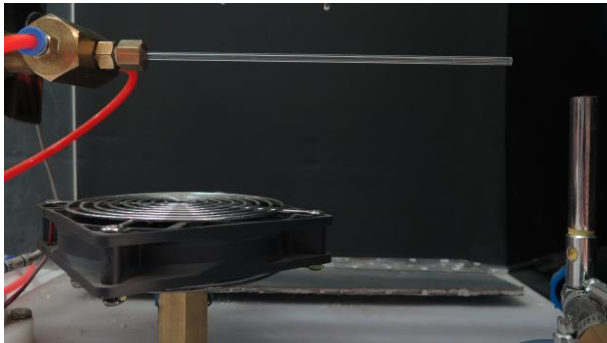
از زمان مطرح شدن احتراق در ابعاد میکرو تا کنون پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در تحقیقات احتراق میکرو از طریق مطالعات تجربی و عددی صورت گرفته است که باعث افزایش بازدهی احتراق میکرو از طریق درک عمیق تر مسائل مرتبط با احتراق میکرو از قبیل پایداری شعله و

^۱ Quenching diameter

Fischer-porter®R-125-10-A با حداکثر ظرفیت نامی عبوری ۰,۲۸۰ لیتر بر دقیقه و دقت ۲ درصد حجمی جرم عبوری استفاده گردیده است، طول راکتور استوانه ای شکل در آزمایشات ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شده است. که تمامی محفظه ها دارای قطر استاندارد داخلی دو میلی متر و به ضخامت ۱ میلی متری از جنس کوارتز استفاده گردیده است که در شکل ۲ این راکتورها و در شکل ۳ نحوه استقرار آن‌ها و فاصله خروجی راکتورها از ایگنایتر سیستم که یک عدد چراغ بنزنی گازی که در فاصله ۳ سانتی متری از خروجی راکتور می‌باشد نشان داده شده است.



شکل ۲ - نمایی از راکتورهای کوارتزی مورد استفاده



شکل ۳ - نحوه استقرار آن‌ها و فاصله خروجی راکتورها از چراغ بنزنی گازی

جهت تصویر برداری از یک عدد دوربین Nikon V1 که در فاصله ۴۰ سانتی متری نسبت به مرکز راکتورها قرار گرفته است و دارای قابلیت تصویربرداری ۶۰، ۴۰۰ و ۱۲۰۰ فریم بر ثانیه استفاده شده است. همچنین، از قابلیت‌های دیگر این دوربین، عکسبرداری با سرعت‌های شاتر مختلف می‌باشد. لازم به ذکر است که تصاویر ضبط شده توسط این دوربین برای سرعت تصویربرداری ۶۰ فریم بر ثانیه بصورت HD و برای سرعت‌های دیگر، با استفاده از تکنیک Binning انجام می‌گردد. تکنیک Binning بر اساس جمع‌دهی چند سلول CCD^۷ در قالب یک سلول CCD عمل می‌نماید. این امر موجب کاهش زمان پردازش تصویر توسط دوربین و در نتیجه افزایش سرعت و یا به اصطلاح نرخ فریم دوربین می‌گردد. از اینرو، هرچند استفاده از تکنیک Binning موجب کاهش چشم‌گیر کیفیت تصاویر دوربین، به دلیل جمع پیکسلی تصاویر به خصوص برای نرخ تصویربرداری ۱۲۰۰، می‌گردد. اما از سوی دیگر موجب استخراج داده‌های ارزشمندی در خصوص پدیده‌های دینامیکی بوقوع پیوسته بر روی سطح جبهه شعله می‌گردد.

در شکل ۴ نمای شماتیک از چیدمان المان‌های استند مورد استفاده نشان داده شده است لازم به ذکر است طول مسیر پیش آمیخته ۱۰۰ سانتی متر بوده است.

محدودیت‌های اشتعال پذیری شده است. در این راستا، جوزف جاروسینسکی^۱ [۹] با مطالعه خاموشی شعله متان/هوا در کانال‌های باریک، دریافت شعله ای که در کانال‌های باریک انتشار می‌یابد به دلیل اتلاف حرارت رسانی از طرف دیواره از بین می‌رود و همچنین دریافت که فاصله ی خاموشی در نسبت هم ارزی‌های مختلف در حدود ۲ برابر ضخامت شعله می‌باشد. یانگ و همکاران^۲ [۱۰] با احتراق هیدروژن/هوا در محفظه احتراق میکرو استوانه ای شکل، به تاثیر محفظه احتراق دارای پله عقب رفته پرداختند. ایشان دریافتند که پله عقب رفته باعث افزایش فرآیند اختلاط گشته و زمان نشست را نیز افزایش می‌دهد. همچنین پله عقب رفته در کنترل محل شعله بسیار موثر بوده و باعث افزایش بازه عملیاتی بر اساس سرعت جریان ورودی و نسبت سوخت/هوا می‌شود. ماروتا و همکاران^۳ تاثیر گرادیان دما بر دیواره ی خارجی را در احتراق متان/هوا با استفاده از محفظه احتراق استوانه ای با قطر داخلی ۲ میلی متر ساخته شده از کوارتز، مورد بررسی قرار دادند [۱۱،۱۲]. ایشان توانستند تشکیل شعله پایدار را در سرعت‌های بال و پایین مخلوط سوخت و هوا و نسبت هم ارزی‌های خارج از محدوده اشتعال پذیری شناسایی کنند و همچنین رژیم‌های خاموش و روشن شونده تکرار پذیر^۴ و ضربه ای^۵ شعله را در سرعت‌های میانی مخلوط سوخت و هوا مورد بررسی قرار دادند. سوبای و همکاران^۶ به مطالعه ی شعله ی پیش آمیخته متان-هوا در کانال در ابعاد خرد با حرارت خارجی در شرایط فشار تقلیل یافته پرداختند [۱۳]. آنها دریافتند که اگرچه ناحیه رایج اشتعال پذیری در بر اساس نسبت استوکیومتری به صورت متقارن می‌باشد اما در فشارهای پایین حد بالای بلوآف شعله، در ناحیه ی فقیر از سوخت قرار می‌گیرد. همچنین در چنین شرایطی ضخامت شعله چندین برابر حالت معمولی است. آنها نیز دریافتند که افر تغییرات نسبت هم ارزی بر حد بالای بلوآف شعله نسبت به تغییرات دمای آن بیشتر است.

صرافان صادقی [۱۴] به بررسی احتراق میکرو در محفظه‌های مزو برای متان و اکسیژن خالص در حالت پیش آمیخته پرداخت، بیگ محمدی [۱۵] به بررسی احتراق میکرو در محفظه‌های مزو و میکرو در حالت گرم کردن محفظه احتراق پرداخت.

در این مقاله به بررسی تجربی احتراق در ابعاد میکرو مخلوط متان - اکسیژن و تاثیرات دبی و درصد اختلاط آن بر رژیم‌های شعله میکرو در طول ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی متری از شعله‌های غیر پیش آمیخته تا آمیخته مورد بررسی قرار گرفته است.

نحوه انجام آزمایش‌ها

جهت انجام این آزمایش‌ها با بهبود دادن استند آزمایشگاهی احتراق میکرو شماره دو آزمایشگاه سوخت و احتراق دانشکده هوافضا دانشگاه صنعتی امیرکبیر، از آن استفاده گردیده است.

جهت اندازه گیری دبی‌های سوخت و اکسنده در مسیر پیش آمیخته از دو عدد روتامتر مدل Sibata-Brooks®:R-2-15-AAA با حداکثر ظرفیت نامی عبوری ۰,۴۵ لیتر بر دقیقه و دقت ۲ درصد حجمی جرم عبوری و در مسیر غیر پیش آمیخته متان از یک عدد روتامتر مدل

¹ Josef Jarosinski

² Yang et al.

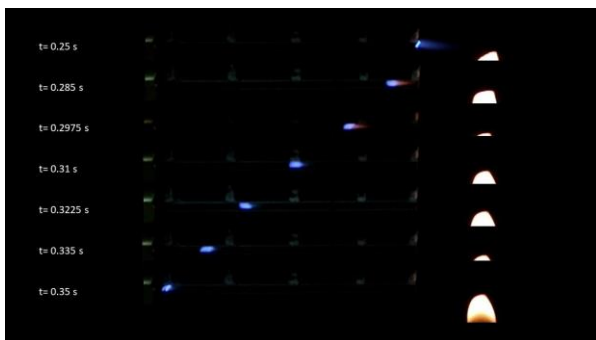
³ Maruta et al.

⁴ RERI (Repetitive Extinction and Re-Ignition)

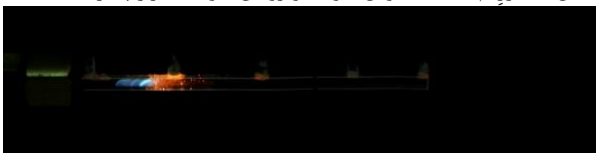
⁵ Pulsating Flame

⁶ Tsuboi et al.

⁷ Charge Coupled Device



شکل ۵ - رژیم شعله خاموش شونده و روشن شونده تکرار پذیر (RERI)



شکل ۶ - رژیم شعله نوسانی (PLS)

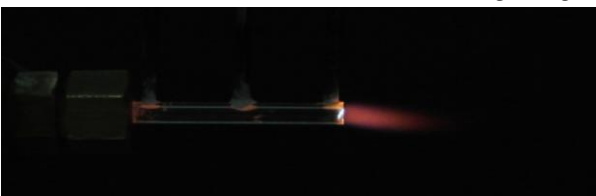
در ادامه به نسبت اختلاط مناسب در دبی مناسب رسیده که در طی آن مابین سرعت شعله و سرعت سیال با اثرات دیواره هماهنگی لازم جهت ایجاد شعله پایدار یا شعله ایستا ایجاد می شود که نمایی از این نوع شعله ها در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۷ - رژیم شعله شبه ایستا (S.S)

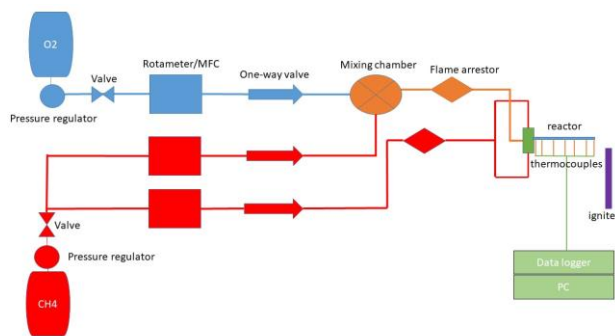
مکان شعله ساکن با توجه به گرم شدن دیواره پایین دست راکتور در اثر فرآورده های حاصل از احتراق، در طی زمان به سمت بالادست حرکت می کند که در شکل ۷ خود نماینگر این مسئله می باشد، به علت مساعد شدن شرایط دیواره در پایین دست جریان امکان تشکیل شعله ایستا در بالادست جریان حاصل می شود.

در آخر با افزایش سرعت سیال یا افزایش نسبت اختلاط که باعث کاهش سرعت واکنش و شعله نسبت به سرعت سیال می شد شعله به صورت شعله مرزی (MA) در انتهای راکتور تشکیل می گردد، نمایی از آن در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸ - رژیم شعله مرزی (MA)

در ادامه به بررسی نتایج حاصل از آزمایش های صورت گرفته می پردازیم. بر این اساس شکل ۹ تا ۱۱ نشان دهنده رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ لیتر بر دقیقه



شکل ۴ - نمای شماتیک از چیدمان المان های بستر آزمون

جهت انجام آزمایش ها از متان گرید ۵^۱ به عنوان سوخت و از اکسیژن گرید ۴^۲ به عنوان اکسنده مورد استفاده قرار گرفته است. دمای محیط در حین انجام آزمایش ها همواره بین ۲۰ تا ۲۸ درجه بوده است. فشار مورد آزمایش فشار هوای شهر تهران در تابستان بوده است.

پارامترهای مورد آزمایش عبارتند از درصد اختلاط متان و اکسیژن، دبی جریان ورودی به راکتور، نسبت هم ارزی و طول راکتور. آزمایشات انجام شده در درصد آمیختگی های ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ و ۱۰۰ که معادل با مخلوط کاملاً پیش آمیخته متان و اکسیژن می باشد، دبی های ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ و ۱۰۰ استاندارد لیتر بر دقیقه^۳ در نسبت هم ارزی های بین ۰,۵ تا ۲ صورت گرفته است. روند انجام آزمایش بدین صورت است که با استفاده از کنترل کننده های جریان سوخت و اکسیژن دبی مورد نظر، درصد اختلاط و همچنین نسبت هم ارزی مشخص می شود. البته این نسبت هم ارزی نسبت به دبی کلی جریان سوخت وارد شده به راکتور چه به صورت پیش آمیخته و یا غیر آمیخته محاسبه شده است. برای تنظیم درصد اختلاط سوخت با توجه به نسبت هم ارزی و نیز درصد اختلاط مورد نظر بخشی از آن با اکسیژن مخلوط می شود و بخشی از آن مستقیم وارد ورودی راکتور می گردد. پس از تنظیم شرایط مورد آزمایش مخلوط داخل راکتور با اسفاده از چراغ بنزن واقع در خروجی راکتور، مشتعل می شود. پس از شروع فرآیند فیلم برداری و سیستم های اندازه گیری شروع میشود، و بدین ترتیب یک تست انجام می شود. تست بعدی زمانی انجام می شود که دمای راکتور مجدداً به شرایط محیطی رسیده باشد. تمامی آزمایش ها جهت صحت گذاری روش انجام دو بار صورت گرفته است و نتایج میانگین دو آزمایش در نمودارها ذکر گردیده است.

نتایج آزمایش ها

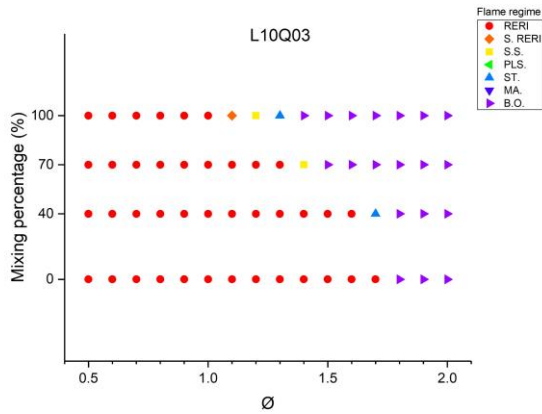
در طی انجام آزمایش های صورت گرفته چهار رژیم شعله ثبت و مورد بررسی قرار گرفت، رژیم اول که در هنگام شروع آزمایش ها می باشد رژیم شعله روشن شونده و خاموش شونده تکرار پذیر (RERI) می باشد، که در شکل ۵ نشان داده شده است. این رژیم شعله در ابتدا ظاهر شده و در طی ادامه فرآیند آزمایش و زیاد کردن درصد اختلاط به رژیم شعله نوسانی (PLS) می رسیم که در شکل شماره ۶ نمایی از آن نشان داده شده است.

^۱ معادل خلوص ۹۹,۹۹۹۵

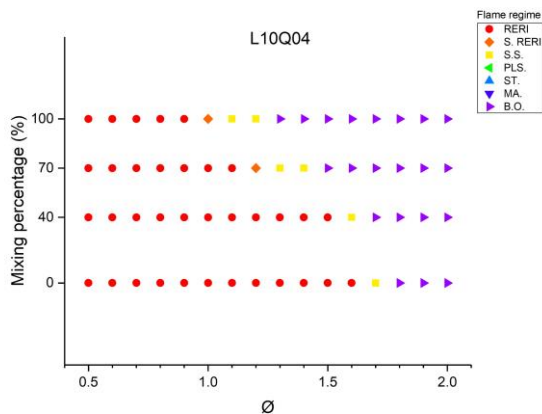
^۲ معادل خلوص ۹۹,۹۹۵

^۳ SLM

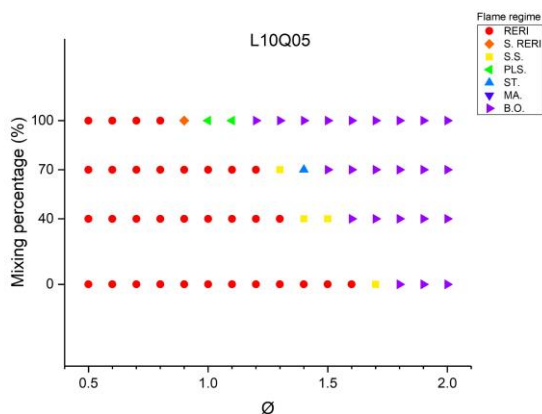
امکان ایجاد شرایط تشکیل شعله پایدار بیشتر گرفته است. البته افزایش دبی خود نیز باعث بروز ناپایداری‌های هیدرودینامیکی در راکتور می‌گردد. شکل ۱۲ تا ۱۴ نشان دهنده رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۰ سانتی متر را نشان می دهد.



شکل ۱۲- رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۳ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۰ سانتی متر



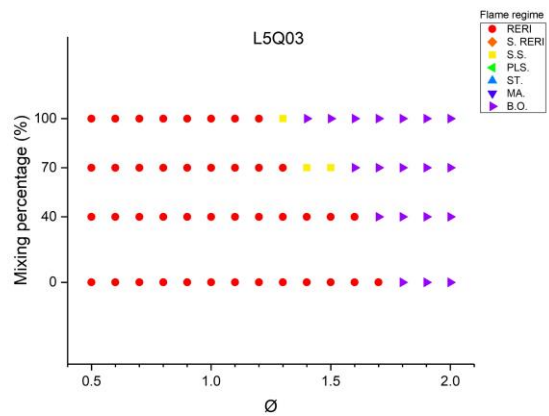
شکل ۱۳- رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۴ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۰ سانتی متر



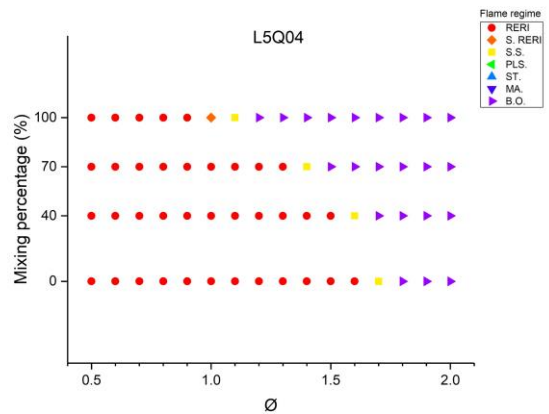
شکل ۱۴- رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۰ سانتی متر

در نمودارهای شکل های ۱۲ تا ۱۴ به مانند حالت قبیل امکان ایجاد شرایط ایجاد شعله پایدار با افزایش دبی ورودی ایجاد شده است همچنین با

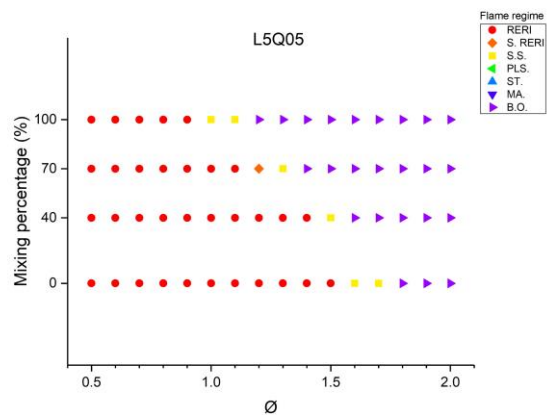
نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۵ سانتی متر را نشان می دهد.



شکل ۹- رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۳ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۵ سانتی متر



شکل ۱۰- رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۴ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۵ سانتی متر

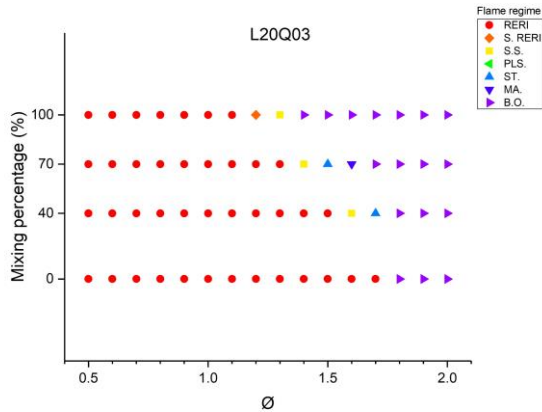


شکل ۱۱- رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی‌های مختلف در دبی ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۵ سانتی متر

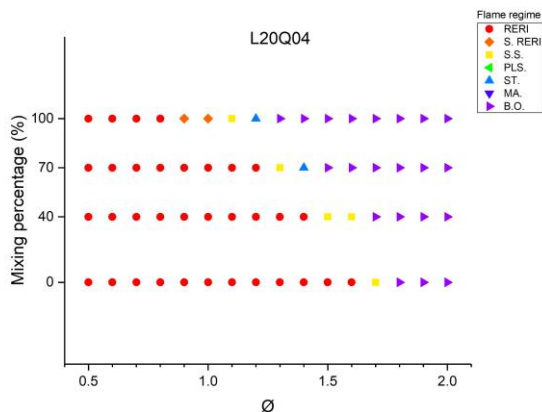
بر اساس نمودارهای شکل ۹ تا ۱۱ با افزایش درصد اختلاط امکان ایجاد شعله پایدار بیشتر می شود همچنین با افزایش دبی ورودی شرایط ایجاد شعله پایدار بیشتر فراهم می شود به عنوان مثال در حالت کاملا غیر پیش آمیخته در دبی ۰,۳ امکان ایجاد شعله پایدار وجود نداشته است ولی با افزایش دبی ورودی و افزایش انرژی حرارتی آزاد شده از احتراق مخلوط،

همانند شکل های قبل اثرات افزایش طول راکتور با افزایش طول راکتور از ۱۰ به ۱۵ سانتی متر خود را بیشتر نشان می دهد.

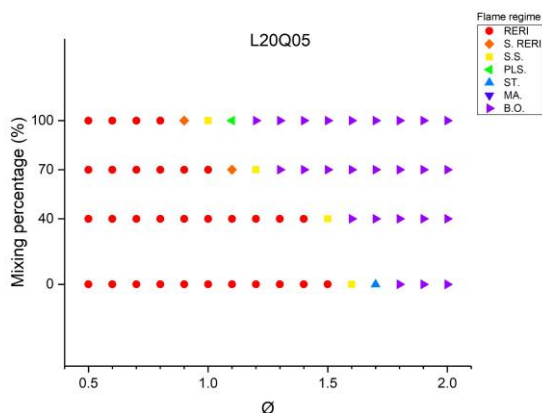
شکل ۱۶ تا ۱۸ نشان دهنده رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۲۰ سانتی متر را نشان می دهد،



شکل ۱۶ - رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۳ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۲۰ سانتی متر



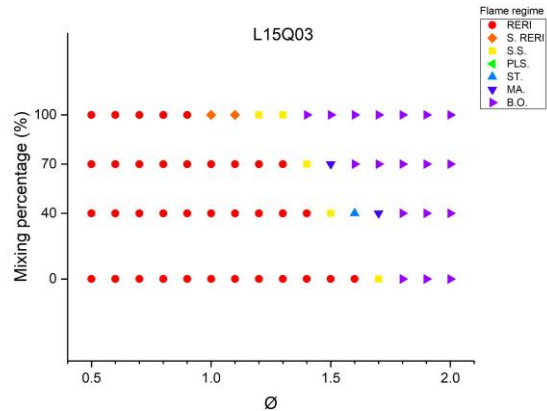
شکل ۱۷ - رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۴ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۲۰ سانتی متر



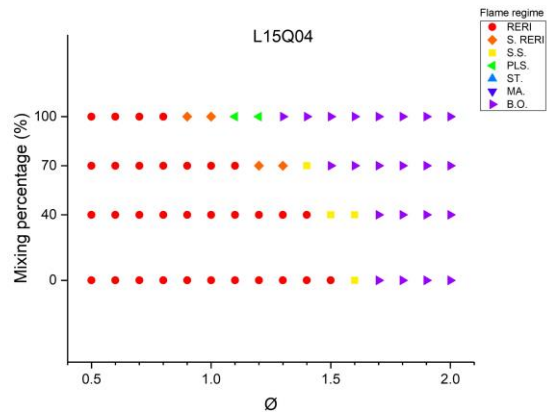
شکل ۱۸ - رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۲۰ سانتی متر

بررسی بین نمودارهای شکل های ۹ تا ۱۴ مشاهده می شود به علت افزایش طول راکتور در دبی و درصد آمیختگی یکسان امکان ایجاد شرایط تشکیل شعله های نوسانی در طول بیشتر راکتور فراهم شده است و ما در طول ۱۰ سانتی متر شاهد تشکیل و رصد نوع دیگری از انواع شعله های میکرو می باشیم که نشان از تاثیر طول راکتور در احتراق میکرو می باشد.

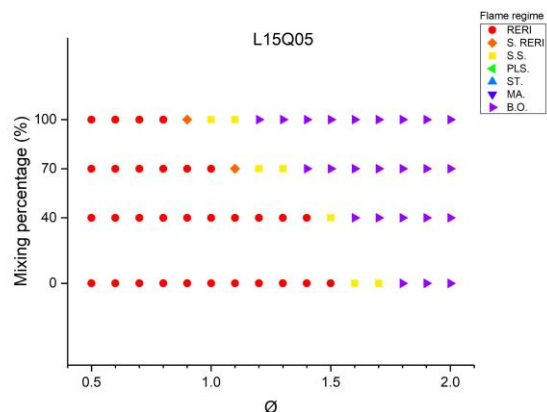
شکل ۱۵ تا ۱۷ نشان دهنده رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۵ سانتی متر را نشان می دهد،



شکل ۱۵ - رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۳ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۵ سانتی متر



شکل ۱۶ - رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۴ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۵ سانتی متر



شکل ۱۷ - رژیم شعله احتراق میکرو در درصد آمیختگی های مختلف در دبی ۰,۵ لیتر بر دقیقه در نسبت هم ارزی های مختلف در راکتور به طول ۱۵ سانتی متر

- American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, VA, 2003.
- 9- J. Jarosiński, "Flame quenching by a cold wall," *Combustion and Flame*, vol. 50, pp. 167–175, 1983.
- 10- W. M. Yang, S. K. Chou, C. Shu et al., "Combustion in micro-cylindrical combustors with and without a backward facing step," *Applied Thermal Engineering*, vol. 22, no. 16, pp. 1777–1787, 2002.
- 11- K. Maruta, J. K. Parc, K. C. Oh et al., "Characteristics of Microscale Combustion in a Narrow Heated Channel," *Combustion, Explosion, and Shock Waves*, vol. 40, no. 5, pp. 516–523, 2004.
- 12- K. Maruta, T. Kataoka, N. I. Kim et al., "Characteristics of combustion in a narrow channel with a temperature gradient," *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 30, no. 2, pp. 2429–2436, 2005.
- 13- Y. Tsuboi, T. Yokomori, and K. Maruta, "Extinction Characteristics of Premixed Flame in Heated Microchannel at Reduced Pressures," *Combustion Science and Technology*, vol. 180, 10-11, pp. 2029–2045, 2008.

- ۱۴- سروش صرافان صادقی، ۱۳۹۱، "بررسی تجربی احتراق در محفظه‌های میکرو"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هوافضا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- ۱۵- محمدرضا بیگ محمدی، ۱۳۹۵، "بررسی تجربی و عددی احتراق در محفظه‌های میکرو"، پایان نامه دکتری، دانشکده هوافضا، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.

با بررسی نمودارهای شکل‌های بالا می‌توان به تاثیر افزایش طول راکتور در مشاهده رژیم‌های شعله میکرو بیشتری را مشاهده کرد و همچنین با افزایش دبی سیال نیز امکان شرایط ایجاد شعله پایدار افزایش می‌یابد.

نتیجه گیری

- بر اساس آزمایش‌های صورت گرفته و نتایج حاصل می‌توان نتیجه گرفت:
- ۱- با افزایش طول راکتور به علت افزایش زمان حضور سیال در راکتور جهت ایجاد احتراق شاهد تشکیل رژیم‌های مختلف شعله و احتراق میکرو می‌باشیم.
 - ۲- با افزایش دبی سیال بر اساس آزمایش‌ها و نتایج حاصل از آن با افزایش دبی سیال شاهد افزایش بازه تشکیل رژیم‌ها تشکیل احتراق میکرو می‌باشیم. البته باید توجه کرد این افزایش تنها تا هنگامی موثر است که باعث ایجاد شرایط مطلوب جهت ایجاد تشکیل شعله می‌باشد و با افزایش سرعت سیال به مقداری بیشتر از سرعت شعله دیگر امکان تشکیل شعله و رژیم‌های مختلف آن فراهم نخواهد بود.
 - ۳- با افزایش درصد آمیختگی سوخت و اکسنده ایجاد تشکیل شعله میکرو و رژیم‌های مختلف آن افزایش می‌یابد. این به علت بهتر شدن و بیشتر شدن درصد آمیختگی سوخت و اکسنده و توزیع بهتر سطح تماس آن‌ها جهت واکنش می‌باشد که نتایج حاصل نیز نشانگر این موضوع می‌باشد.

مراجع

- 1- K. Kang, Y. S. Meng, J. Bréger et al., 2006, "Electrodes with high power and high capacity for rechargeable lithium batteries," *Science (New York, N.Y.)*, vol. 311, no. 5763, pp. 977–980.
- 2- Y. Ju and K. Maruta, 2011, "Microscale combustion: Technology development and fundamental research," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 37, no. 6, pp. 669–715.
- 3- N. S. Kaisare and D. G. Vlachos, 2012, "A review on microcombustion: Fundamentals, devices and applications," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 38, no. 3, pp. 321–359.
- 4- S. Jejurkar and D. Mishra, 2009, "A Review of Recent Patents on Micro-Combustion and Applications," *Recent Patents on Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 194–209.
- 5- C. Fernandez-Pello, 2002, "Micropower generation using combustion: Issues and approaches," *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 29, no. 1, pp. 883–899.
- 6- H. Davy, "Some Researches on Flame," *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, vol. 107, no. 0, pp. 45–76.
- 7- R. A. Yetter, V. Yang, M.-h. Wu et al., 2007, "COMBUSTION ISSUES AND APPROACHES FOR CHEMICAL MICROTHRUSTERS," *International Journal of Energetic Materials and Chemical Propulsion*, vol. 6, no. 4, pp. 393–424.
- 8- *41st AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit: 6-9 January 2003, Reno, Nevada,*