

شبیه سازی توزیع دما دیواره لوله شعله در توربین های گازی پر مصرف صنایع نفتی و بررسی تاثیر سرعت های متفاوت سوخت ورودی

ابراهیم جهانبخش^۱، محمدرضا عساری^۲.
Jahanbakhsh83@gmail.com

چکیده

در تحقیق حاضر، احتراق درون لوله شعله توربین گازی شبیه سازی شده است. باید توجه داشت که شبیه سازی سه بعدی این مسئله بسیار زمان بر بوده و نیازمند پردازش موازی است، لذا در این شبیه سازی یک هندسه دو بعدی که در آن شرط های مرزی سمت چپ سرعت ورودی سوخت و هوا و در بالا شرط مرزی دیواره لوله و در پایین شرط محور به منظور شبیه سازی قطاعی از لوله، در نظر گرفته شده است. در دیواره لوله دو روزه برای ورودی هوا تعبیه شده است و در خروجی شرط مرزی فشار خروجی در نظر گرفته شده است. سپس شبکه بندی هندسه مورد نظر در جهت طولی و شعاعی برای اطمینان از استقلال شبکه و همچنین صحت نتایج، مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و در نهایت به بررسی احتراق با تغییر سرعت سوخت به عنوان یکی از پارامترهای ورودی لوله شعله و همچنین کسرهای جرمی آن پرداخته شده است. با شبیه سازی احتراق در حالات متفاوت مشاهده شده است، هنگامی که سرعت سوخت ورودی افزایش یافته و میزان کسر جرمی برابر با اندازه استوکیومتری خود باشد، دمای خروجی لوله افزایش پیدا کرده است ولی میزان کسر جرمی بخار آب نیز به نسبت آن زیاد می شود و در نتیجه این پدیده نشان داده است که پارامترهای ورودی باید به گونه ای تنظیم شوند که سیال خروجی لوله دارای دمای مناسب و بالاترین انرژی بوده و به گونه ای نباشد که به پره توربین ضربه بزند.

واژه های کلیدی: لوله شعله، سرعت سوخت ورودی، کسر جرمی، شبیه سازی.

۱ - دانشجوی کارشناس ارشد تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول
۲- استادیار گروه تبدیل انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول .

۱-مقدمه

محفظه احتراق توربین گاز را می توان به سه ناحیه تقسیم نمود: ناحیه اولیه که سوخت به درون جریان هوا تزریق می شود به صورتی که مخلوط دو فازی تقریباً استوکیومتری ایجاد می شود، ناحیه ثانویه که احتراق در آن کامل می شود و ناحیه رقیق سازی که محصولات احتراق با هوا مخلوط شده به صورتی که دما در حد قابل قبول برای انبساط در توربین گاز آماده شود [۹]. جهت جلوگیری از ایجاد حرارت اضافه نقطه‌ای (Hot spot) می بایستی احتراق مستمر و پایدار باشد، اگر فرآیند احتراق کامل نباشد موجب تشکیل ذرات کربنی شده که به لحاظ سرعت بالای این ذرات سایش تیغه توربین و در نتیجه کاهش عمر مفید تیغه ها و توربین را بدنبال دارد. پیامد دیگر مسائل اتاق احتراق فشار و درجه حرارت زیاد و تنش حرارتی وارده به اجزاء آن است که توجه به آنها اهمیت بسیاری دارد. توزیع هوا در اتاق احتراق به شرح ذیل است [۴]. ۱۳ تا ۲۰٪ هوا از تیغه های شکل دهنده جریان (SWIR/ RANE) عبور می کند که موجب افشان شدن کامل سوخت می شود و نتیجه آن اختلاط کامل سوخت و هوا و نیز احتراق آن در درجه حرارت بالا است. حدود ۳۰٪ هوا از مجاری خاص به بخش دوم اتاق احتراق هدایت می شود تا عمل سوختن کامل شود. بقیه هوا در بخش سوم اتاق احتراق برای همگن کردن محصول احتراق و نیز خنک کردن اتاق احتراق مصرف می شود تا برای ورود به تیغه های ثابت توربین آماده شود. در این بخش همگن کردن محصول احتراق در حدی بایستی صورت گیرد که از ایجاد نقطه های داغ در مسیر عبوری خود جلوگیری کند. از مسائل مهم در طراحی محفظه احتراق توربین های گاز، یکنواختی توزیع دما در خروج از محفظه می باشد. علاوه بر این دمای دیواره ها باید در حد تحمل مواد تشکیل دهنده آنها باشد.

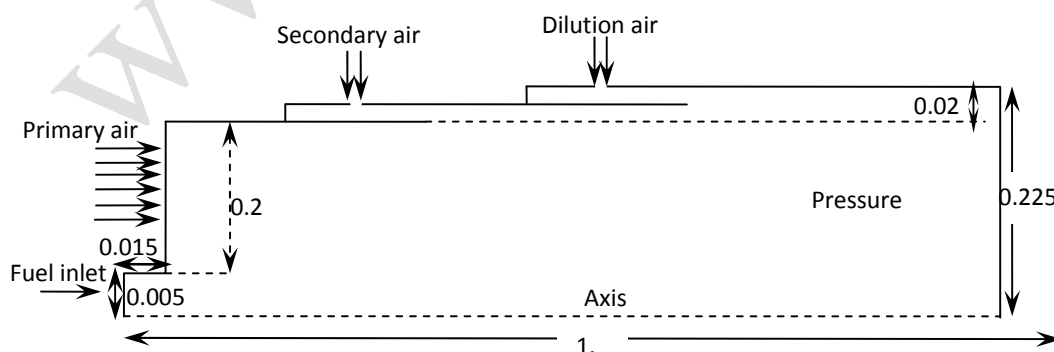
محققین از دیدگاه های مختلف و روش های متفاوت مسئله جریان محترق در محفظه احتراق را مورد تحلیل قرار داده اند. تولیدی و همکارانش در سال ۱۹۹۵ مطالعه ای بر روی محاسبات جریان دو فازی در محفظه احتراق توربین گاز انجام داده اند. در این تحقیق جریان محترق مغشوش دو فازی در محفظه احتراق توربین گاز مورد مطالعه قرار گرفته است. فاز گازی به شکل اوپلری و فاز مایع به صورت لاگرانژی مدل سازی شده است. مدل اغتشاش $K-\epsilon$ سینتیک شیمیایی به صورت نرخ محدود در نظر گرفته شده است. در نهایت میدان سرعت در محفظه احتراق و همچنین کانتورهای دمای بی بعد به دست آمده است [۱۰]. دنیسو و همکارانش در سال ۱۹۹۷ مطالعه ای روی روش (Computational Combustion Dynamics) CCD برای طراحی محفظه احتراق توربین گاز انجام داده اند. در این مطالعه یک محفظه احتراق توربین گاز مورد بررسی قرار گرفته است. با استفاده از این روش تخمین نسبتا خوبی از تولید ناکس (NO_x)، منو اکسید کربن (CO)، دوده (HC)، و دمای خروجی به دست آمده است. برای واکنش های شیمیایی مغشوش از شبیه سازی مونت کارلو استفاده شده است. تولیدی و همکارانش در سال ۱۹۹۷ روی محاسبات PDF-CFD لاگرانژی کوپل شده مونت کارلو برای محفظه احتراق توربین گاز کار کرده اند. در این مطالعه تابع چگالی احتمال مونت کارلو برای واکنش مغشوش سه بعدی دائم به کار رفته است. نوع سوخت JetA بوده و یک معادله دیفرانسیل معمولی برای هر گروه از قطرات در نظر گرفته شده است. کانتور آلاینده ها در خروجی به دست آمده و میزان خروج منو اکسید کربن و ناکس از محفظه تعیین شده است [۱۱]. رکسواردجو و همکارانش در سال ۲۰۰۰ عملکرد موتور توربین صنعتی با سوخت گازی که در سوخت آن درصد بالای دی اکسید کربن (CO_2) وجود دارد را مورد مطالعه قرار داده اند. در این مطالعه موتور با ماکزیمم توان ۲۰۰ KW بوده و اثر درصد دی اکسید کربن موجود در سوخت روی راندمان موتور بررسی شده است [۸]. تامزاک با استفاده از نرم افزار فلوئنت برای تغییرات کیفیت خوراک از گاز طبیعی تا هیدروژن خالص، یک توربین گازی با فشار بالا را مورد مطالعه قرار داده است و نتایج تحقیق نشان داد میزان انتشار ناکس با دمای دیواره فلزی توربین تغییر چندانی نداشته است [۱۲]. مارینی و همکاران توربین گازی را بازطراحی و جهت کاهش آلودگی ناکس خروجی از توربین گازی با توان ۱۰ مگاوات پیشنهاداتی ارائه داده اند و نتایج با نتایج تجربی مقایسه شده است. نتایج تحلیل عددی کاهش ۳۰٪ مقدار انتشار ناکس را نشان داده است [۷]. گویاتو و همکاران در یک توربین گازی هیدروژن و هوای تک شفقی با استفاده از روش CFD به مطالعه محفظه احتراق پرداخته اند. مدل شبیه سازی از

خروجی کمپرسور تا ورودی توربین گازی اجرا شده و مدل عددی برای توزیع دمای ورودی به توربین ارائه شده است. نتایج مدل با نتایج تجربی مقایسه شده و مشخص گردید مدل ارائه شده دارای توانایی بالایی در تعیین دمای ورودی به توربین می‌باشد [۶]. در ایران نیز مطالعاتی بر روی تعیین الگوی جریان و توزیع دمای خروجی از محفظه احتراق موتور توربین های گاز صورت گرفته است. بازدیدی تهرانی و همکارانش در سال ۱۳۸۱ مطالعه‌ای را بر جریان غیر محترق درون محفظه احتراق یک توربین گاز با استفاده از نرم افزار فلوئنت انجام داده‌اند. هدف اصلی در این تحقیق تعیین الگوی جریان درون محفظه بوده است [۱]. دوازده امامی و همکارانش نیز در سال ۱۳۸۱ جریان محترق را در یک محفظه احتراق توربین گاز صنعتی مورد مطالعه قرار داده‌اند. نتایج حل عددی این محققان نشان داده است که با تغییر میزان چرخش هوای ورودی به محفظه می‌توان به طور موفق از ایجاد نقاط داغ بر روی زانوئی انتقال محصولات احتراق به توربین جلوگیری نمود [۲]. کاویان و مقدس (۱۳۸۳) از دو روش تخمین مهندسی و تحلیل عددی برای محاسبه دمای دیواره اتاق احتراق و گاز های داغ خروجی از اتاق احتراق حلقوی موتور جت استفاده کرده‌اند. در این تحقیق نحوه افزایش دمای هوا در محفظه احتراق در اثر احتراق سوخت و هوا و انتقال حرارت از گاز های داغ به سطوح داخلی جداره های اتاق احتراق مورد بررسی قرار گرفته شده است. مدلسازی و تحلیل عددی این مساله به کمک نرم افزارهای گمبیت و فلوئنت انجام گرفته و در پایان هم نتایج حاصله با نتایج برنامه تخمینی مقایسه شده است. نتایج تحقیق نشان داده است که نتایج بدست آمده از نرم افزار فلوئنت و برنامه تخمین مهندسی تا حد قابل قبولی نزدیک به یکدیگر می‌باشند [۳].

این پژوهش با توجه به اهمیت کاربرد توربین های گازی در صنایع مختلف و به ویژه صنایع نفتی ایران، صورت می‌پذیرد و دمای دیواره لوله شعله محفظه احتراق به عنوان جزء کلیدی در ایجاد اشتعال در توربین های گازی مورد مطالعه قرار می‌گیرد و با تغییر سرعت سوخت ورودی به عنوان یکی از پارامترهای موثر در پدیده احتراق و انجام شبیه سازی، تاثیر سرعت های متفاوت سوخت و همچنین کسرهای جرمی آن در شبیه سازی احتراق مورد بررسی قرار می‌گردد. لذا بدین منظور یک توربین گازی صنعتی انتخاب شده است و به کمک حل عددی به روش CFD توزیع دما بر روی دیواره مشخص شده است تا تمهیداتی جهت توزیع یکنواخت تر دما ارائه گردد.

۲- مواد و روشها

در این تحقیق، هندسه مورد نظر یک لوله شعله به طول $1/8$ و قطر $0/45$ متر در نظر گرفته شده است که در دیواره آن دو ورودی هوا در فواصل متفاوت تعبیه شده است و در ورودی آن سوخت به همراه هوا وارد می‌شود (شکل ۱).



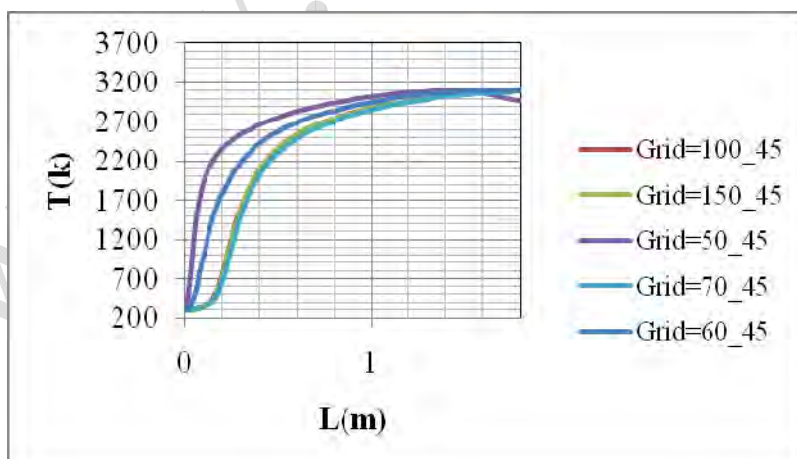
شکل ۱: نمایی شماتیک از هندسه لوله شعله مورد نظر در تحقیق

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود شرط‌های مرزی خروجی و ورودی به ترتیب فشار خروجی و سرعت ورودی در نظر گرفته شده‌اند و بقیه هندسه به غیر از مرز پایین شرط مرزی دیوار تنظیم شده است. در مرز پایین نیز همان‌گونه که دیده می‌شود شرط مرزی محور است. در این هندسه برای اینکه درگیر حل عددی سه بعدی نشویم شرط مرزی پایین را محور انتخاب کرده و هندسه دو بعدی را مورد بررسی قرار داده‌ایم. لازم به ذکر است که دو ورودی هوای روی دیواره لوله شعله نقش سوراخ‌های هوای ورودی در هندسه سه بعدی را بازی می‌کنند. در این شبیه‌سازی سعی شده است که مساحت دو ورودی روی دیواره که شیارهای حول لوله ایجاد می‌کنند، با مساحت مجموع سوراخ‌های هندسه سه بعدی در هر ردیف برابر در نظر گرفته شود.

۲-۱- شبکه بندی

در هر مسئله‌ای که به صورت عددی مورد بررسی قرار می‌گیرد نحوه شبکه بندی هندسه بسیار مهم است. به گونه‌ای که اگر هندسه به درستی شبکه بندی نشود پاسخ‌های بدست آمده از حل مسئله دارای خطای بالا هستند و نمی‌توان به آنها اعتماد کرد و همچنین گاهی اوقات شبکه بندی نادرست باعث واگرایی در حل عددی می‌گردد. بنابراین در این تحقیق ابتدا به بررسی شبکه پرداخته می‌شود.

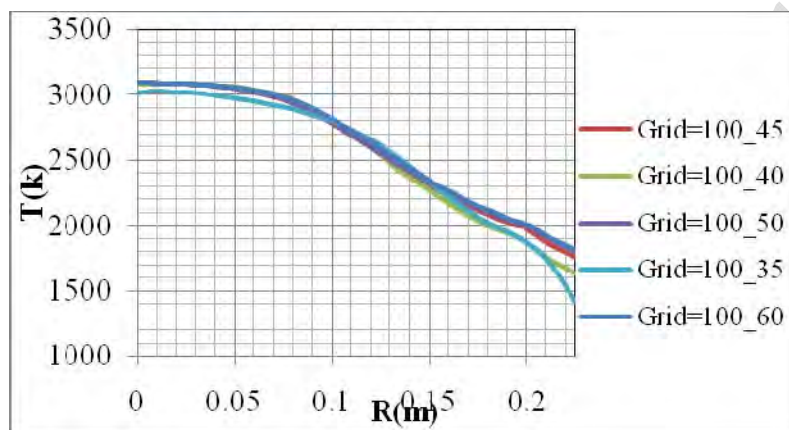
به منظور تحلیل شبکه بندی، اندازه شبکه در دو جهت x و r مورد بررسی قرار گرفته شد. با حل احتراق درون لوله شعله (بدون ورودی هوا از دیواره‌ها) برای شبکه بندی‌های متفاوت در طول هندسه نمودار دما برحسب طول در محور آن بدست آمده است و در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: نمودار دما بر حسب طول در محور لوله برای اندازه شبکه‌های متفاوت در جهت طولی

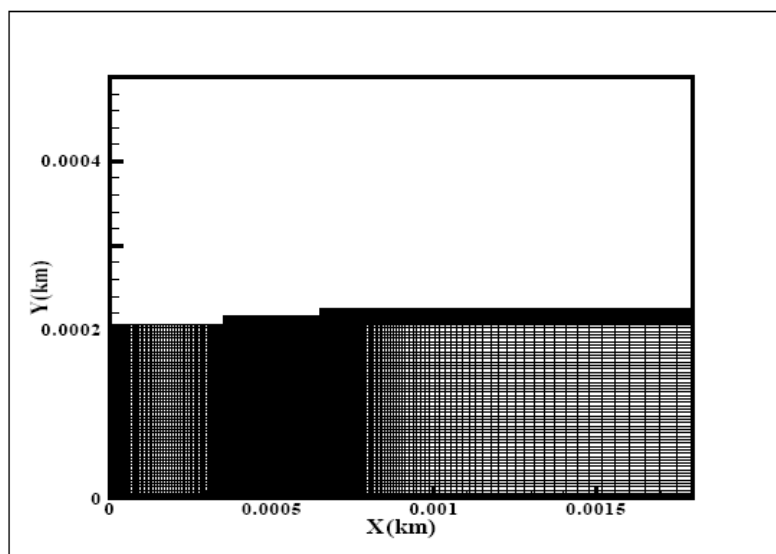
همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود زمانی که تعداد سلول در جهت افقی مقدار پایینی است پاسخ بدست آمده دارای خطا است و با افزایش تعداد سلول در جهت افق مقدار خطا کاهش پیدا می‌کند. دیده می‌شود که زمانی که تعداد سلول به عدد ۱۰۰ می‌رسد پاسخ مورد نظر دیگر تغییر نمی‌کند.

به همین طریق برای بررسی شبکه بندی در جهت عمودی نمودار دما بر حسب شعاع در خروجی لوله برای تعداد سلول متفاوت بدست آورده شده است و در شکل ۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳: نمودار دما بر حسب شعاع در مرز خروجی برای اندازه شبکه‌های متفاوت در جهت شعاعی

در شکل ۳ مشاهده می‌شود که با رسیدن تعداد سلول عمودی به ۵۰ نمودار دما بر حسب شعاع لوله تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. لازم به ذکر است که تعداد سلول در دو جهت عمودی و افقی نباید خیلی زیاد باشد. زیرا با افزایش تعداد سلول خطای حل عددی به علت گرد کردن محاسبات افزایش یافته و پاسخ مورد نظر از مقدار حقیقی فاصله می‌گیرد. اندازه شبکه در مکان‌هایی که دارای گرادیان زیاد است باید نسبت به جاهای دیگر ریزتر در نظر گرفته شود تا بتوان به خوبی تغییرات را مشاهده کرد. در شکل ۴ شبکه بندی هندسه مورد نظر نشان داده شده است.

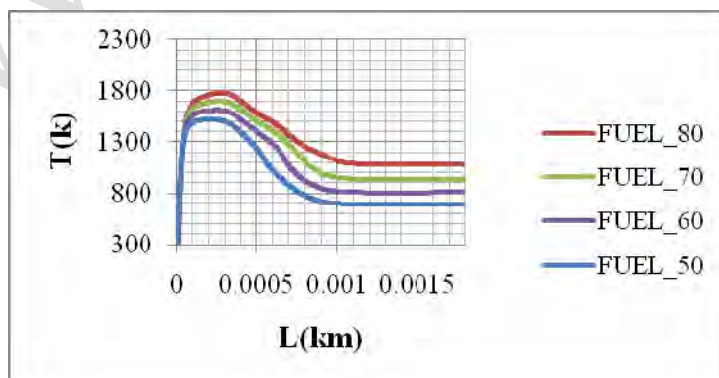


شکل ۴: شبکه بندی لوله شعله

همانطور که مشاهده می‌شود اندازه سلول‌ها در سمت چپ لوله که احتراق صورت می‌گیرد نسبت به سمت راست آنها ریزتر است و در ورودی‌ها نیز تراکم شبکه نسبت به جاهای دیگر هندسه بیشتر است.

۲-۲- بررسی تاثیر سرعت سوخت ورودی

در این تحقیق با تغییر سرعت سوخت در ورودی لوله شعله جهت بررسی تاثیر سرعت سوخت ورودی بر توزیع دما در امتداد محور لوله، احتراق درون آن شبیه‌سازی شده است و نتایج حاصل در شکل ۵ نشان داده شده است.



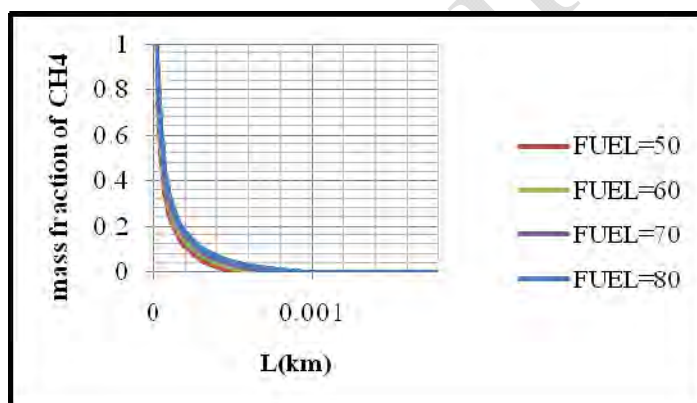
شکل ۵: نمودار دما بر حسب طول در محور لوله برای سرعت‌های سوخت متفاوت

همانطور که در شکل ۵ مشاهده می‌شود به دلیل وجود احتراق میزان دما ابتدا به یک مقدار حداکثر رسیده و در طول لوله به تدریج کم می‌شود. همچنین زمانی که سرعت سوخت زیاد می‌شود میزان دما در بخش احتراق و همچنین در خروجی لوله بیشتر است.

اما علاوه بر متغیر دما در مدل‌سازی احتراق باید به کسر جرمی گونه‌ها در واکنش احتراقی نیز توجه شود. بنابراین با شبیه‌سازی احتراق درون لوله شعله تغییرات گونه‌ها برای سرعت‌های سوخت متفاوت مورد بررسی قرار گرفته شده است.

۲-۲-۱- بررسی تاثیر سرعت سوخت ورودی بر کسر جرمی متان در امتداد محور لوله شعله

جهت بررسی تاثیر سرعت سوخت ورودی بر روی کسر جرمی متان در امتداد محور لوله شعله، احتراق درون لوله شعله برای سرعت‌های سوخت متفاوت ورودی، شبیه‌سازی شده است و نتایج حاصل در شکل ۶ قابل مشاهده است.

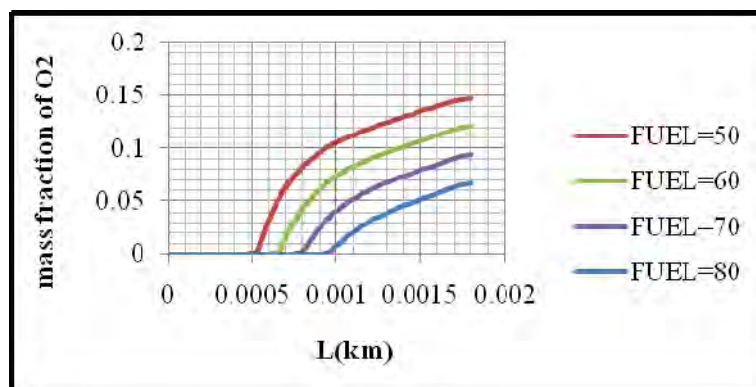


شکل ۶: نمودار کسر جرمی متان بر حسب طول لوله برای سرعت‌های سوخت متفاوت

همانطور که در شکل فوق مشاهده می‌شود، میزان متان در طول محور لوله در ابتدا با شیب زیادی و در ادامه با شیب کمی کاهش پیدا می‌کند و با افزایش سرعت سوخت میزان کسر جرمی آن نیز افزایش پیدا می‌کند. یعنی با افزایش سرعت سوخت قدرت احتراق بیشتر شده و فضای بیشتری از لوله شعله درگیر احتراق می‌شود و دمای آن بالا می‌رود؛ در واقع محدوده احتراقی با افزایش سرعت سوخت افزایش پیدا می‌کند.

۲-۲-۲- بررسی تاثیر سرعت سوخت ورودی بر کسر جرمی اکسیژن در امتداد محور لوله شعله

از جمله گونه‌های دیگری که در واکنش دهنده‌ها وجود دارد اکسیژن می‌باشد. لذا تاثیر سرعت سوخت ورودی بر روی کسر جرمی اکسیژن در امتداد محور لوله شعله نیز مورد بررسی قرار گرفته است و می‌توان نتایج حاصل در شکل ۷ مشاهده کرد.



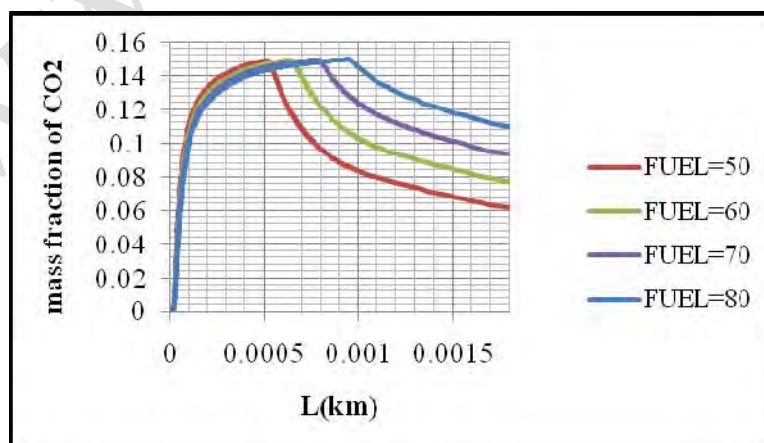
شکل ۷: نمودار کسر جرمی اکسیژن بر حسب طول لوله برای سرعت‌های سوخت متفاوت

همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود با افزایش سرعت سوخت ورودی میزان اکسیژن در خروجی محور لوله کاهش پیدا می‌کند. زیرا زمانی که سرعت سوخت افزایش پیدا می‌کند، وجود یک لایه از سوخت مانع ورود اکسیژن به درون آن می‌شود و اکسیژن در آن مکان در احتراق به محصولات احتراقی تبدیل می‌شود.

پس از بررسی گونه‌های واکنش دهنده به کسر جرمی دی اکسید کربن و آب که از محصولات احتراق می‌باشد، می‌پردازیم.

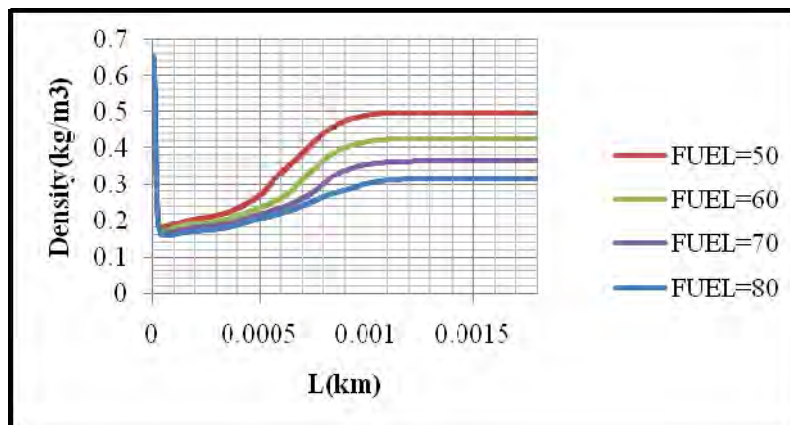
۲-۲-۳- بررسی تاثیر سرعت سوخت ورودی بر کسر جرمی دی اکسید کربن در امتداد محور لوله شعله

بر اساس نمودار تغییرات کسر جرمی برای دو گونه تولید شده در محصولات احتراقی که در شکل‌های ۸ و ۹ ترسیم شده اند رفتار آنها مورد بررسی قرار داده شده است.



شکل ۸: نمودار کسر جرمی دی اکسید کربن بر حسب طول لوله برای سرعت‌های سوخت متفاوت

همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود که کسر جرمی دی اکسید کربن در طول لوله به دلیل وجود احتراق با شیب زیادی افزایش پیدا کرده و در یک نقطه که احتراق به پایان می‌رسد مقدار آن روند کاهشی دارد. همچنین با افزایش سرعت سوخت میزان احتراق در طول بیشتری از لوله ادامه پیدا می‌کند.



شکل ۹: نمودار چگالی سیال بر حسب طول لوله برای سرعت‌های سوخت متفاوت

مشاهده می‌شود که در طول لوله میزان چگالی ابتدا دچار کاهش ناگهانی شده و سپس افزایش پیدا می‌کند و در نهایت به یک مقدار ثابتی می‌رسد. علت این پدیده افزایش دما به دلیل وجود احتراق و کاهش آن در طول لوله و در نهایت ثابت ماندن آن است. همچنین مشاهده می‌شود که در خروجی لوله با افزایش سرعت سوخت میزان چگالی کاهش پیدا می‌کند. در حقیقت با افزایش سرعت سوخت، سیال رقیق‌تری از لوله شعله خارج می‌شود.

۳- نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به مسائل بررسی شده نتایج زیر حاصل شده است:

- (۱) با افزایش سرعت سوخت قدرت احتراق بیشتر شده و فضای بیشتری از لوله شعله درگیر احتراق می‌شود و دمای آن بالا می‌رود؛ در حقیقت، محدوده احتراقی با افزایش سرعت سوخت افزایش پیدا می‌کند. به دلیل وجود احتراق میزان دما در محور لوله ابتدا به یک مقدار حداکثر رسیده و در طول لوله به تدریج کم می‌شود. همچنین زمانی که سرعت سوخت زیاد می‌شود میزان دما در بخش احتراق و در خروجی لوله بیشتر است.
- (۲) میزان دما در طول محور لوله در ابتدا با شیب زیادی و در ادامه با شیب کمی کاهش پیدا می‌کند و با افزایش سرعت سوخت میزان کسر جرمی آن نیز افزایش پیدا می‌کند.

- ۳) میزان کسر جرمی اکسیژن با افزایش سرعت سوخت در ورودی آن در محدوده بیشتری مقدار کمی دارد؛ زیرا زمانی که سرعت سوخت افزایش پیدا می‌کند، وجود یک لایه از سوخت مانع ورود اکسیژن به درون آن می‌شود و اکسیژن در آن مکان در احتراق به محصولات احتراقی تبدیل می‌شود. همچنین با افزایش سرعت سوخت ورودی میزان اکسیژن در خروجی محور لوله کاهش پیدا می‌کند.
- ۴) با افزایش سرعت سوخت میزان کسر جرمی محصولات احتراق در بخش ورودی افزایش پیدا می‌کند. در حقیقت با افزایش سرعت سوخت قدرت احتراق نیز بیشتر می‌شود. همچنین کسر جرمی محصولات احتراق در طول محور لوله به دلیل وجود احتراق با شیب زیادی افزایش پیدا کرده و در یک نقطه که احتراق به پایان می‌رسد مقدار آن روند کاهشی دارد. مشاهده شده است که افزایش سرعت سوخت میزان احتراق در طول بیشتری از لوله ادامه پیدا می‌کند.
- ۵) در طول لوله میزان چگالی ابتدا دچار کاهش ناگهانی شده و سپس افزایش پیدا می‌کند و در نهایت به یک مقدار ثابتی می‌رسد. علت آن افزایش دما به دلیل وجود احتراق و کاهش آن در طول لوله و در نهایت ثابت ماندن آن است. همچنین مشاهده می‌شود که در خروجی لوله با افزایش سرعت سوخت میزان چگالی کاهش پیدا می‌کند. در حقیقت با افزایش سرعت سوخت، سیال رقیق تری از لوله شعله خارج می‌شود.

منابع

- ۱) بازدید تهران، ف. حق پرست کاشانی، آ. و شاهمیر، ا.، ۱۳۸۱، تحلیل عددی میدان جریان و دما در ناحیه رقیق سازی یک نمونه محفظه احتراق حلقوی توربین گاز، چهارمین کنفرانس انجمن هوا فضای ایران.
- ۲) دوازه امامی، م. م. ضیائی راد، س. و خردمند، س.، ۱۳۸۱، بررسی اثر چرخش هوا بر مشخصه های جریان در محفظه احتراق توربین گاز. چهارمین کنفرانس انجمن هوا فضای ایران.
- ۳) کاویان، م. م. و مقدس، م. ج.، ۱۳۸۳، تخمین دمای دیواره اتاق احتراق و گاز های داغ خروجی از محفظه احتراق حلقوی موتور جت و مقایسه نتایج با تحلیل عددی. نهمین کنفرانس دینامیک شاره ها، دانشگاه شیراز، گروه مهندسی مکانیک.
- ۴) مقدس، م. ج.، ۱۳۸۱، تاثیر فشار، دما، دبی جرمی هوای ورودی و نسبت سوخت به هوا در عملکرد حرارتی محفظه احتراق موتور توربوجت، چهارمین کنفرانس انجمن هوا فضای ایران.
- 5) Danis, A. M., and Burrus, D. L., 1997, *Anchored CCD for Gas Turbine Combustor Design and Data Correlation*, Jour. Engineering for Gas Turbines and Power., Vol. 119.
- 6) Gobbato, P., Masi, M., Toffolo, A., and Lazzaretto, A., 2011, *Numerical simulation of a hydrogen fuelled gasturbine combustor*, International Journal of Hydrogen Energy., Vol. 36, Issue. 13, PP. 7993–8002.
- 7) Marini, A., Cappelletti, A., Riccio, G., and Martelli, F., 2010, *CFD Re-Design of a Gas Turbine CAN-Type Combustion Chamber Hydrogen Fired*, European Conference on Computational Fluid Dynamics, ECCOMAS CFD 2010, J. C. F. Pereira and A. Sequeira (Eds), Lisbon, Portugal., PP. 14–17.
- 8) Reksowardojo, I. K., Handinoto, B. P., Wibawa, Y. A., and Bachrun, R. K. 2000, *An Industrial Gas Engine Performance and Exhaust Gas Emission Run With Gas Fuel with High CO2 Content Gas*, Indonesia Conference.
- 9) Santosh, A., 2008, *Heat Transfer and Flow Measurements on a Onescale Gas Turbine CAN Combustor Model*, Master of Science Thesis., faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Mechanical Engineering, Blacksburg, Virginia.
- 10) Tolpadi, A. K., 1995, *Calculation of Two-Phase Flow in Gas Turbine Combustors*, Jour. Engineering for Gas Turbines and Power., Vol. 117.
- 11) Tolpadi, A. K., Hu, I. Z., and Correa, S. M., 1997, *Coupled Lagrangian Monte Carlo PDF-CFD Computation of Gas Turbine Combustor Flow Fields with Finite-Rate Chemistry*, Jour. Engineering for Gas Turbines and Power., Vol. 119.

- 12) Tomczak, H. J., Benelli, G., Carra, L., Cecchini, D., 2002, *Investigation of a Gas Turbine Combustion System Fired With Mixtures of Natural Gas and Hydrogen*, Jour. IFRF Combustion., Article Number 200207.

Simulation of flame tube wall temperature distribution in gas turbines widely used in petroleum industry and investigation on the effect of different fuel inlet velocity

Ebrahim Jahanbakhsh¹ and Mohammadreza Asari²

No32, eight street, Shahrake Rajaei, Ahvaz, Iran.

Jahanbakhsh83@gmail.com

Abstract

This study is aimed at simulating combustion phenomenon in flame tube of gas turbine. It should be noted that simulating a three dimensional geometry is pretty time consuming and also needs parallel processing. Therefore, in this simulation a two dimensional flame tube with velocity inlet boundary conditions for both fuel and air inlet in the left side and wall boundary in the top of it and also axis boundary condition for bottom boundary, to solve a cylindrical polar grid, is specified. Moreover, two apertures for air inletting are set in the wall boundary and in the outlet pressure outlet boundary condition is assigned. Then, in order to validate results, grid independency in mentioned structure for both length and radius directions have been investigated. After that, altering inlet parameters in the flame tube such as fuel and air velocity and also their mass fraction, combustion phenomenon were studied. Simulating combustion in various states, it was seen that increasing fuel velocity or equaling mass fraction to stoichiometric state leads to rising outlet temperature. Whereas, the value of vapor mass fraction is increased either. It can be deduced that the inlet parameters must be set appropriately till outlet fluid reaches to proper temperature and products mass fraction to decrease turbine damage.

Keywords: flame tube, fuel inlet velocity, mass fraction, simulation.