

توزیع دمای تجربی محفظه احتراق لوله‌ای در شرایط اتمسفریک

بنیامین کنکاشور دانشجوی کارشناسی ارشد - دانشگاه صنعتی امیرکبیر amir.kashvar@aut.ac.ir	صادق تابع جماعت استاد - دانشگاه صنعتی امیرکبیر sadegh@aut.ac.ir	محمدرضا سادات اخوی دانشجوی کارشناسی ارشد - دانشگاه صنعتی smreza@aut.ac.ir
--	--	--

مسعود عیدی عطارزاده دانشجوی دکتری - دانشگاه صنعتی امیرکبیر eidiattar@aut.ac.ir	محمدرضا نوذری دانشجوی کارشناسی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر mrn7575@aut.ac.ir	مجید آقاییاری دانشجوی دکتری - دانشگاه صنعتی امیرکبیر
---	--	--

چکیده

توزیع دمای محفظه احتراق نقش مهمی در طراحی و عملکرد موتورهای توربین گازی دارد. در فرآیند طراحی محفظه احتراق توربین گازی لازم است تا کمترین افت فشار و کامل‌ترین فرآیند احتراق ایجاد شود تا بهترین عملکرد محفظه بدست آید لذا توزیع دمای درون محفظه از اهمیت بسیاری برخوردار است. در تحقیق پیش‌رو توزیع دمای محفظه احتراق توربین گاز نمونه به صورت تجربی در شرایط اتمسفریک بررسی شده است. محفظه احتراق استفاده شده لوله‌ای شکل بوده و سوخت استفاده شده کروسین می‌باشد. در این مطالعه محفظه احتراق در ۴ نقطه کاری مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مشخص شد که با افزایش دبی هوای ورودی دمای خروجی محفظه کاهش می‌یابد و توزیع دمای درون محفظه کاهش می‌یابد و از طرفی هندسه محفظه احتراق نقش بسزایی در توزیع دما دارد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین دمای محفظه در نزدیکی دیواره می‌باشد و از همین رو خنک کاری محفظه در بلند مدت امری اجتناب ناپذیر است.

کلید واژه:

توربین گاز - محفظه احتراق - دمای درون محفظه - تست تجربی - تست اتمسفریک

مقدمه

توربین‌های گازی کاربردهای بسیار زیادی در هواپیماها، کشتی‌ها، ژنراتورهای الکتریکی، خطوط لوله گاز و ایستگاه‌های پمپ نفت دارند. تلاش‌های اولیه مبنی بر ساخت موتورهای توربین گازی در مقیاس بزرگ در اواخر قرن ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ در فرانسه صورت گرفته است. برای ساخت موتورهای توربینی، طراحی محفظه احتراق از قسمت‌های بسیار مهم موتور است و پیچیدگی‌های بسیاری دارد. امروزه بیشترین بازار توربین‌های گازی در موتورهای هوایی است و در سال‌های اخیر در موتورهای زمینی نیز استفاده می‌شود. افزایش کاربردهای توربین‌های گازی دلیلی بر افزایش نیاز به طراحی محفظه‌های احتراق است. بسیاری از نیازمندی‌هایی که برای طراحی محفظه احتراق مورد توجه قرار می‌گیرد بعضاً با هم در تناقض هستند و معمولاً با تغییرات منحصر به فرد در طراحی می‌توان به این نیازها دست پیدا کرد. با این اوصاف تمامی محفظه‌های احتراق باید دارای یک سری ملزومات اساسی و پایه‌ای نظیر حداکثر پایداری شعله، بازده بالای احتراق، حداقل آلودگی ایجاد شده در تمامی شرایط و توزیع دمای خروجی رضایت بخش برای ورود به توربین باشند. طراح محفظه‌ای احتراق مسئول حل کردن مشکلات مربوط به پایداری، اشتعال، دوام محفظه و توزیع دمای خروجی است. محفظه‌های احتراق به طور کلی به سه دسته تقسیم می‌شوند، محفظه‌های استوانه‌ای شکل، استوانه-حلقوی و حلقوی که هر

کدام دارای ویژگی‌های منحصر به فرد هستند و طراح با توجه به نیازمندی-های خود یکی آن‌ها را انتخاب می‌کند. بطور کلی برای رسیدن به احتراق مناسب و با کیفیت سوخت‌های مایع، می‌بایست بطور کلی آن‌ها را با نسبت استوکیومتری با هوا مخلوط کرد و از طرفی قبل از اختلاط و احتراق، سوخت باید تبخیر شده باشد. در یک نمونه از سوخت‌پاش‌ها سوخت با مقدار کمی از هوا قبل از انتشار ترکیب شده و قبل [1] از اضافه شدن به محفظه‌ای احتراق تبخیر می‌شود. در نوع دیگر سوخت‌پاش‌ها، سوخت به قطره‌های بزرگ و کوچک اتمیزه شده و منجر به اسپری مایع با نسبت سطح به حجم بالا می‌شود و در نهایت نرخ تبخیر بالا می‌رود [2]. نتایج تجربی نشان می‌دهد که برای محفظه احتراق‌های معمول اسپری سوخت باید شامل قطراتی با اندازه‌ی زیر ۵۰ میکرون باشد. بورگوین و کوهن [۱] با تغییر قطر قطرات سوخت به این نتیجه رسیدند که نسبت سوخت به هوا با قطرات کوچک تر از ۲۰ میکرون مخلوط بسیار یکنواخت و خوبی ایجاد می‌کند. انژکتورهای استفاده شده در توربین‌های گاز معمولاً از نوع فشار چرخشی^۱ می‌باشد که در آن سوخت وارد محفظه‌ی چرخاننده شده و از آن به صورت مخروطی خارج می‌شود. امروزه نیز با استفاده از انژکتورهای simplex در توربین‌های گازی هوایی احتراق پایدار فقط در محدوده‌ی کمی برقرار است. برای غلبه بر محدودیت‌های این نوع از انژکتورها می‌توان از انژکتورهای توسعه یافته‌ای نظیر dual-orifice, duplex استفاده کرد. با توجه به توضیحات آورده شده می‌توان به تاثیر بسزای انژکتور بر روی عملکرد محفظه احتراق پی برد. برای تحلیل و طراحی محفظه احتراق توربین گاز احتیاج به بررسی قسمت‌های مختلف محفظه اعم از پخش‌کن، توزیع جریان هوا، انتقال حرارت محفظه است. قسمت‌های نام برده شده هرکدام دارای زیر شاخه‌های زیادی می‌باشند و معادلات خاصی بر آنها حاکم است که با کمی فرضیات ساده سازی می‌توان تحلیل منطقی و مطلوبی داشت. محفظه‌ها در چند سال اخیر تکامل بیشتری یافتند و بدست آوردن پارامترهای هر محفظه اهمیت ویژه‌ای دارد.

مشخصات محفظه احتراق

محفظه‌ی مورد استفاده در این پژوهش مطابق شکل ۱، محفظه‌ای لوله‌ای شکل بوده که برای طراحی آن از محفظه احتراق مرجع [۳] الهام گرفته شده است. این محفظه دارای طول ۲۱۰mm و عرض ۷۵mm در بیشترین عرض خود می‌باشد. انتهای این محفظه از حالت دایره‌ای شکل به مستطیلی تغییر شکل داده که طول این مستطیل ۱۱۰mm و عرض آن ۲۵mm می‌باشد. هوای عبوری از این محفظه از یک چرخاننده‌ی هوا عبور می‌کند که دارای ۸ پره با عدد چرخش ۰.۷ می‌باشد. قطر داخلی این چرخاننده

¹ Pressure Swirl

دبی هوای خروجی از این دمنده توسط یک شیر برقی که وظیفه کنترل دبی عبوری را دارد تنظیم می‌شود.

سیستم سوخت مایع به صورت گاز فشارگذار با نیترژن طراحی شده و قابلیت افزایش فشار پشت سوخت پاش تا ۳۰ بار را دارد. حجم مخزن تحت فشار، ۵ لیتر بوده حداکثر دبی آن ۲۰ لیتر بر ساعت است. استفاده از گاز فشارگذار زوشتی بسیار رایج در تامین سوخت آزمونگر محفظه احتراق است. سامانه خروجی گاز و یا دودکش نیز وظیفه خنک کاری و انتقال گازهای سوخته به خارج از آزمایشگاه را برعهده دارد. دیواره‌های این قسمت با استفاده از آب خنک کاری می‌شوند. آب مورد نیاز توسط یک پمپ متصل به یک منبع تامین و درون لوله‌هایی که در اطراف جداره دودکش قرار گرفته‌اند فرستاده می‌شود و این باعث کاهش دمای گازهای خروجی و همچنین، افزایش عمر قطعات قرار گرفته در مسیر آن‌ها می‌شود.

سیستم آغاز کننده احتراق در این تحقیق از طریق تورج صورت می‌گیرد، بدین صورت که یک کپسول کوچک سوخت، شیر برقی، کلید کنترل و لوله‌های مربوطه تشکیل شده است.

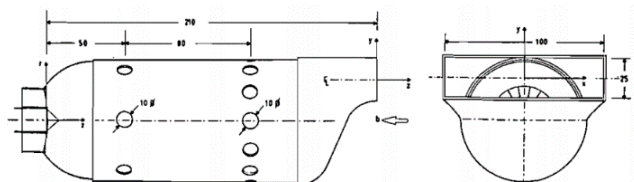
سامانه داده بردار مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: ترموکوپل، فشارسنج، روماتر، لوله پیتوت. ترموکوپل‌های مورد استفاده در این آزمونگر از نوع K بوده که محدوده اندازه‌گیری آن از ۲۰۰- تا ۱۳۵۰+ درجه سانتی‌گراد و دارای دقت ۲ درجه است. با توجه به تعداد زیاد ترموکوپل‌های مورد استفاده، ۳ عدد دستگاه ADAM 4017+ و یک عدد دستگاه ADAM 4520 به کار برده شده است که در مجموع قابلیت ارسال داده از ۲۴ ترموکوپل به رایانه است که در شکل ۴ مشخص است.



شکل ۴- سامانه داده برداری

برای بدست آوردن دما در این تحقیق از ترموکوپل نوع k استفاده شده است که در شکل ۶ محل قرارگیری ترموکوپل‌ها بر روی محفظه احتراق مشخص است. داده‌های به دست آمده از ترموکوپل با استفاده از سامانه داده برداری بر خط ثبت و ذخیره می‌شود. همچنین برای بالا رفتن دقت اندازه‌گیری و صحت داده‌های گرفته شده در هر آزمایش، پس از پایا شدن جریان، به مدت ۶۰ ثانیه داده برداری صورت گرفته و میانگین این داده‌ها، نتایج مورد استفاده در این تحقیق هستند. برای مشاهده شعله درون محفظه احتراق همانگونه که در شکل ۵ از دو چشمی استفاده می‌شود.

۱۰،۸۱mm و قطر خارجی آن ۱۶،۱۵mm و دارای طول ۴۰mm می‌باشد. قطر پوسته‌ای که محفظه درون آن قرار گرفته ۱۶۹mm بوده و خط مرکزی پوسته و محفظه در یک راستا قرار گرفته اند. بر روی این محفظه دو ردیف سوراخ وجود دارد که ردیف اول آن دارای ۶ سوراخ و ردیف دوم دارای ۱۲ سوراخ می‌باشد. قطر تمام سوراخ‌های ذکر شده ۱۰mm می‌باشد و نمای کلی محفظه احتراق در شکل ۲ مشخص است. سوخت پاش مورد استفاده در تست تجربی این پژوهش از نوع simplex بوده و مشخصات آن در جدول ۱ آمده است



شکل ۱. هندسه محفظه احتراق



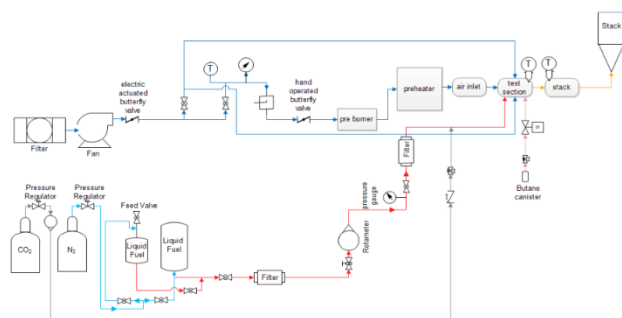
شکل ۲. نمای کلی محفظه احتراق لوله‌ای مورد استفاده

جدول ۱. مشخصات سوخت پاش

دبی طراحی	زاویه پاشش (درجه)	فشار طراحی (بار)	نوع پاشش
۰،۵	۶۰	۷	Solid

تست استند

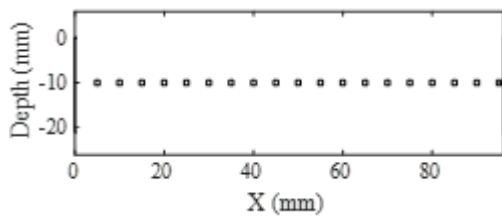
به منظور انجام آزمایش‌های تجربی از آزمونگر محفظه احتراق توربین گاز دانشگاه صنعتی امیرکبیر استفاده شده اس [۲]. نقشه کلی آزمونگر محفظه احتراق توربین گازی مطابق شکل ۳ می‌باشد.



شکل ۳. نقشه سامانه آزمونگر محفظه احتراق

برای تامین هوای ورودی به محفظه احتراق، از یک دمنده سانتریفیوژ با حداکثر دبی ۸۰۰ مترمکعب بر ساعت و فشار ۱،۱ بار استفاده شده است.

همچنین دمای خروجی مطابق شکل ۸ دمای خروجی محفظه با استفاده از یک ترموکوپل که در طول مرکز خروجی محفظه حرکت می‌کند به دست آمده است.



شکل ۸. محل قرار گیری ترموکوپل در خروجی

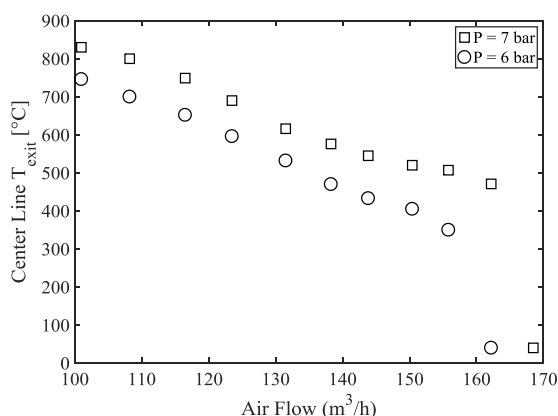
برای بدست آوردن دمای لایر از ترموکوپل نوع K استفاده شده است. مطابق شکل ۲ ترموکوپل‌ها بر روی محل‌های مشخص شده پیچ شده و ترموکوپل تماس مناسبی با سطح محفظه دارد. نقاط اندازه‌گیری شده در شکل مشخص است و همزمان با داده برداری از توزیع دمای درون محفظه، دمای لایر نیز داده برداری شده و نقاط اندازه‌گیری شده در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- محل قرار گیری ترموکوپل سطح

X(mm) =	۵۰	۸۷,۵	۱۴۶,۲۵	۱۶۲,۵
---------	----	------	--------	-------

نتایج تجربی

در ابتدا، عملکرد محفظه احتراق با استفاده از دمای گاز ها و در دبی های مختلف هوا بررسی شده است. در همین راستا، ۲ فشار پشت انژکتور ۶ و ۷ بار انتخاب شده است. دماهای اندازه گیری شده، شامل دما در وسط خروجی محفظه احتراق و دمای بر روی خط مرکزی محفظه احتراق است. شکل ۹ دمای خروجی محفظه را در دو فشار مختلف سوخت پاش را نشان می‌دهد و همانطور که مشخص است با افزایش دبی هوای ورودی دمای خروجی محفظه احتراق روند کاهشی داشته و در نهایت محفظه خاموش می‌شود. همانگونه که در شکل ۱۰ و شکل ۱۱ مشخص است، دمای مرکز محفظه در ردیف سوراخ اول با افزایش هوا ابتدا روند کاهشی پیدا کرده ولی در شکل ۱۰ دچار یک افزایش دما می‌شود، دلیل آن افزایش سرعت هوای ورودی به ناحیه اول و در نتیجه افزایش عمق نفوذ می‌باشد که در نتیجه آن باعث می‌شود شعله در مرکز محفظه دارای دمای بیشتری باشد.

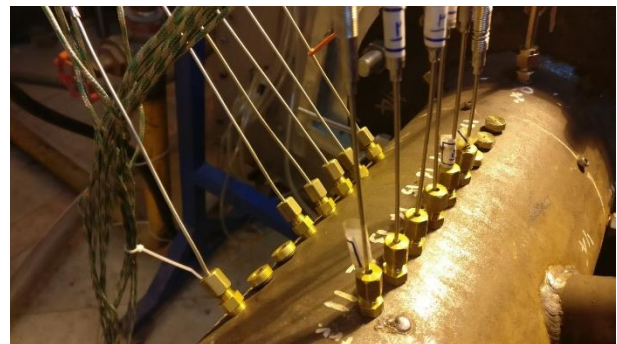


شکل ۹. دمای خروجی محفظه احتراق در فشار پشت انژکتور ۶ و ۷ بار



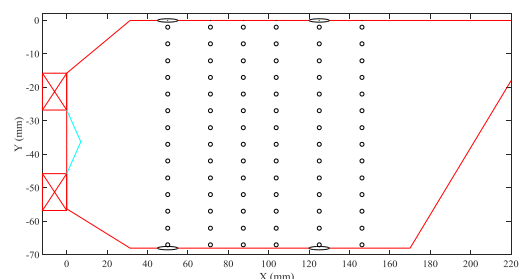
شکل ۵- نمای کلی آزمونگر محفظه احتراق

یک فشارسنج نیز قبل از انژکتور برای بدست آوردن فشار پشت انژکتور نصب شده تا اثر افت فشار درون لوله‌ها نیز تا قبل از رسیدن جریان به پشت انژکتور مشاهده شود و در صورت نیاز فشار نیتروژن افزایش داده شود. همانگونه که در شکل دیده می‌شود، از دو ردیف ترموکوپل برای داده برداری استفاده شده که ردیف اول دمای محفظه را در صفحه عمود بر مرکز محفظه داده برداری می‌کند و ردیف دوم دمای سطح محفظه احتراق را داده برداری می‌کند.



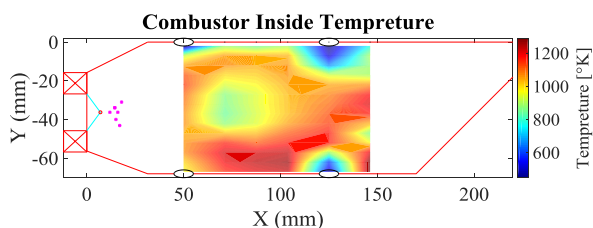
شکل ۶- محل قرار گیری ترموکوپل‌ها بر روی محفظه

برای به دست آوردن توزیع دمای درون محفظه احتراق از شش ترموکوپل با فواصل یکسان نسبت به یکدیگر استفاده شده و همچنین دمای خروجی با استفاده از یک ترموکوپل که در طول خروجی محفظه حرکت می‌کند به دست آمده است. برای بدست آوردن توزیع دمای درون محفظه احتراق، ترموکوپل‌ها با فاصله ۵ میلی متر در عمق حرکت کرده و شکل ۷ موقعیت نقاط ترموکوپل‌ها برای بدست آوردن توزیع دمای درون محفظه را نشان می‌دهد.



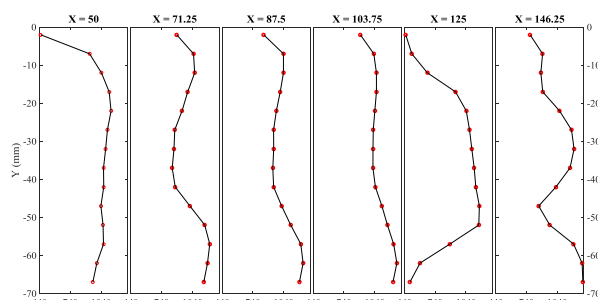
شکل ۷. محل قرار گیری ترموکوپل‌ها برای اندازه گیری دمای درون محفظه

محفظه احتراق بدست می آید. نتایج به دست آمده از شرایط کاری در نقطه ۱ ادر شکل ۱۲ نشان می دهد که بیشترین دمای به دست آمده در نزدیکی دیواره ها می باشد. همچنین مشخص است که دمای محفظه در قسمت میانی پس از سوراخ های اول به بالاترین مقدار خود رسیده و احتراق در این منطقه کامل شده و دو قسمت بالایی و پایینی محفظه که دارای بیشترین دما می باشند پس از سوراخ های ردیف دوم که وظیفه رقیق سازی احتراق را دارند دمای آنها کاهش یافته و به سمت خروجی می روند. از طرفی می توان به زاویه پاشش سوخت پاش که منجر می شود دما در کنار دیواره های محفظه به نسبت مرکز محفظه بیشتر است اشاره کرد.



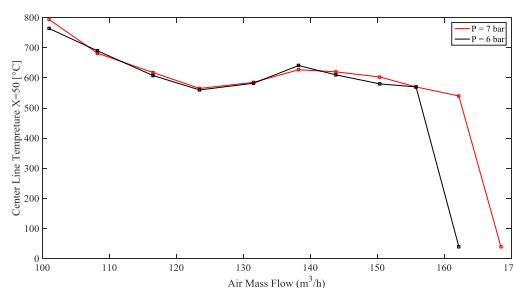
شکل ۱۲. توزیع دمای درون محفظه احتراق در نقطه کاری ۱

شکل ۱۳ نشان دهنده دمای تجربی بدست آمده با تغییر موقعیت ترموکوپل ها با فواصل ۵ میلی متر است. نتایج نشان می دهد که پس از ردیف سوراخ اول که وظیفه کامل کردن احتراق صورت گرفته در قسمت اولیه محفظه را دارند، دما ها روند افزایشی پیدا کرده و قبل از رسیدن به ردیف سوراخ دوم بیشترین دما را قسمت میانی محفظه تجربه می کند، از طرفی با توجه به هندسه محفظه احتراق که توزیع هوا در آن بصورت یکنواخت می باشد، مشاهده می شود که توزیع دما نیز از این یکنواختی توزیع هوا پیروی کرده و دما نیز در بالا و پایین محفظه همخوانی بسیار مناسبی دارند. پس از عبور جریان گرم از ردیف سوراخ دوم، دمای احتراق روند کاهشی پیدا کرده و بیشینه دما بسمت مرکز محفظه سوق پیدا می کند.

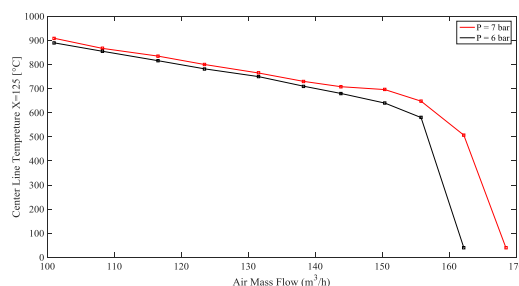


شکل ۱۳. پروفیل دمای درون محفظه در مقاطع مختلف در شرایط نقطه کاری ۱

با توجه به شکل ۱۳، افت دما در ردیف سوراخ های محفظه احتراق، مشخص است که در ردیف سوراخ اول با توجه به احتراق تشکیل شده در منطقه اول، دمای نزدیک به سوراخها کاهش قابل توجهی داشته و میتوان عمق نفوذ را با توجه دمای بدست آمده مقایسه کرد. با توجه به دمای ردیف دوم در عمق مشخص، میتوان مشاهده کرد که دما نسبت به ردیف سوراخ اول کمتر کاهش یافته و نشان از کامل شدن احتراق در منطقه میانی محفظه دارد و تاثیر کمتری نسبت به ردیف سوراخ اول دارد. از طرفی مشخص است که با پیشروی بسمت خروجی محفظه دمای مرکز محفظه افزایش یافته است. با

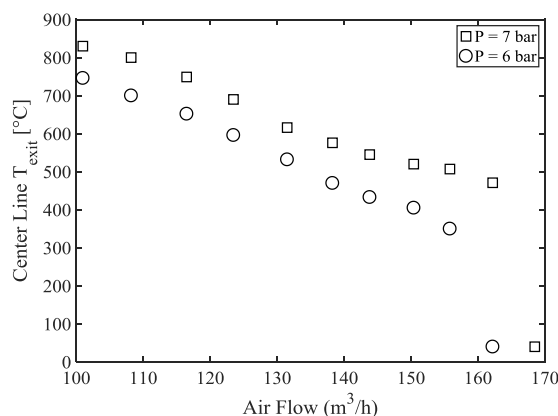


شکل ۱۰- دمای مرکز ردیف سوراخ اول در دبی هوای متفاوت



شکل ۱۱- دمای مرکز ردیف سوراخ دوم در دبی هوای متفاوت

بر اساس آنچه در

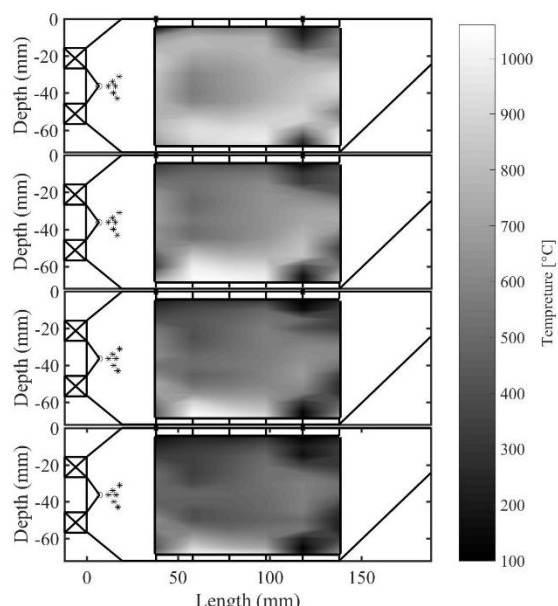


شکل ۹ و شکل ۱۰ نشان داده شد، محفظه احتراق دارای تغییر رفتار در نقاط کاری خاصی می باشد. به منظور بررسی دقیق تر، توزیع دمای گازهای درون محفظه در این نقاط کاری به صورت مبسوط مورد بررسی قرار می گیرد. نقاط انتخاب شده برای بررسی توزیع دمای درون محفظه احتراق مطابق جدول ۳ می باشد.

جدول ۳. نقاط کاری انتخاب شده جهت بررسی توزیع دمای درون محفظه

احتراق				
نقاط کاری	فشار سوخت پاش (bar)	دبی هوای ورودی (m³/h)	دمای هوای ورودی (°C)	دبی سوخت پاش (lit/h)
۱	۷	۱۰۸	۴۵	۴
۲	۷	۱۳۱	۴۵	۴
۳	۷	۱۵۰	۴۵	۴
۴	۷	۱۶۲	۴۵	۴

با استفاده از تکنیک ارائه شده در شکل ۷، دمای نقاط مختلف محفظه احتراق اندازه گیری می شود. بر اساس این اندازه گیری ها، کانطور دما درون



شکل ۱۶. توزیع دمای درون محفظه احتراق در شرایط مختلف کاری جدول (۱) به ترتیب از بالا به پایین : نقاط کاری ۱ الی ۴)

جدول ۳ به بررسی Pattern Factor و Traverse Quality در شرایط تست گرفته شده می‌پردازد، مقدار Traverse Quality قابل قبول برای محفظه احتراق‌های هوایی ۰,۲۵ بود و برای محفظه احتراق‌های صنعتی ۰,۱ می‌باشد، همچنین Pattern Factor مناسب برای محفظه‌های هوایی ۰,۲۷ است، با توجه به مقادیر بدست آمده مشخص است که نزدیکترین مقدار به مقادیر قابل قبول در نقطه کاری ۱ بدست آمده و با توجه به اتمسفریک بودن محفظه مقدار قابل قبولی است. از طرفی شرایط کاری محفظه تاثیر زیادی بر روی پارامترهای معرفی شده دارد و مختص به هندسه محفظه نمی‌باشد. با توجه به شکل ۱۶ می‌توان مشاهده کرد که نقطه کاری ۱ دارای توزیع بهتری به نسبت تست‌های دیگر دارد و همچنین دمای خروجی محفظه که تاثیر زیادی بر روی Pattern Factor دارد در نقطه کاری ۱ بیشتر رعایت شده است.

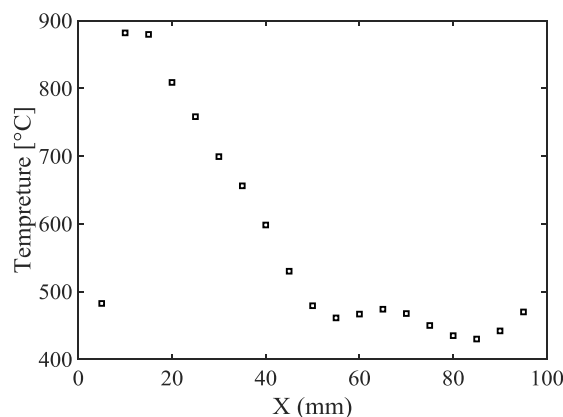
جدول ۳ - مقایسه مولفه‌های بی‌بعد محفظه در نقاط کاری متفاوت

نقطه کاری	Traverse Quality	Pattern Factor	میانگین دمای خروجی (کلوین)
۱	۰,۶۶۸	۱,۳۳	۷۳۳
۲	۱,۴۳۳	۴,۱۷۴	۶۱۸
۳	۲,۴۶۲	۱۵,۸۴	۵۳۵
۴	۳,۸۷۵	۳۲۰,۱۷۲	۴۹۸

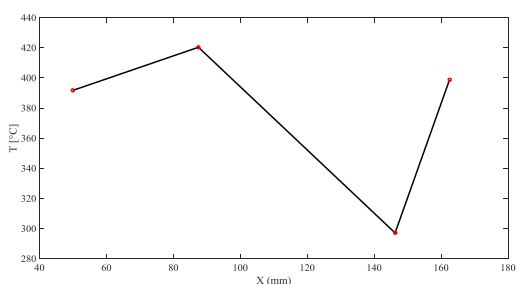
نتیجه گیری

در تحقیق صورت گرفته توزیع دمای محفظه احتراق توربین گاز نمونه در شرایط اتمسفریک با پاشش سوخت کروسین صورت گرفت و با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده شد که با بالا بردن دبی هوا، توزیع دمای محفظه برای شرایط کاری واقعی بسیار افت پیدا می‌کند و از طرفی توزیع یکنواخت دما درون محفظه با توجه به سوخت پاش نشان از طراحی مناسب محفظه می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین دمای محفظه در نزدیکی دیواره می‌باشد و از همین رو خنک کاری محفظه در بلند مدت امری اجتناب ناپذیر است. همچنین با توجه به دماهای بدست آمده در ردیف سوراخ‌های اول و دوم نشان داد که احتراق در منطقه میانی کامل شده و پس عبور از

توجه به دمای محفظه در قسمت پایین محفظه، در ردیف سوراخ‌های دوم محفظه توزیع به نسبت بهتری نسبت به ردیف اول محفظه وجود دارد. مطابق شکل ۱۴ نمودار دمای خروجی محفظه احتراق مشخص است که دمای خروجی در قسمت گوشه‌ی آن از سایر نواحی بیشتر است و شعله سمت دیواره کشیده شده است و دمای محفظه در قسمت مرکزی از قسمت کناری کمتر است. دلیل این موضوع افت فشار پایین محفظه است که باعث می‌شود اختلاط درون محفظه به خوبی صورت نگیرد و در نتیجه باعث می‌شود توزیع دمای در خروجی یکنواخت نباشد.



شکل ۱۴. توزیع عرضی دمای خروجی محفظه در نقطه کاری ۱



شکل ۱۵- دمای لایرن محفظه احتراق

دمای لایرن در شکل ۱۵ نشان داده شده است. مشخص است که دمای سطح در نقطه کاری اندازه گیری شده دما دارای بیشترین دما در قسمت میانی می‌باشد و در نزدیکی سوراخ‌ها دما دچار کاهش می‌شود. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که در این نقطه کاری، قسمت میانی محفظه زودتر از بین می‌رود و برای خنک کاری آن قسمت باید تغییراتی در محفظه ایجاد کرد. توزیع دمای درون محفظه احتراق در شرایط مختلف کاری در شکل ۱۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۶ مشخص است که با افزایش هوای ورودی دمای محفظه کمتر می‌شود و همچنین بازدهی محفظه کاهش می‌یابد و محفظه به سمت خاموشی می‌رود و به مرز خاموشی نزدیک می‌شود. توزیع دمای محفظه نیز با افزایش هوای ورودی از نظر کمی رو به کاهش است ولی در تست‌های تجربی نشان می‌دهد که قسمت زیرین محفظه دارای دمای بالایی است که می‌توان به هندسه محفظه و تغییر فشاری که بر روی جریان می‌گذارد اشاره کرد که منجر به افت فشار بیشتر در آن ناحیه و همچنین بازگشت جریان در آن ناحیه اشاره کرد که یک منطقه‌ی پرفشار در آن ناحیه ایجاد می‌شود و منجر به اختلاط بیشتر در آن ناحیه شده است و مشاهده می‌شود که با وجود افزایش دبی هوای ورودی، آن منطقه دمای بالای خود را حفظ کرده است.

ردیف سوراخ‌های نهایی که وظیفه رقیق سازی محفظه را دارند بسمت خروجی محفظه هدایت می‌شوند. از طرفی هندسه محفظه احتراق نقش بسزایی در توزیع دما دارد بطوری که قسمت پایینی محفظه احتراق با توجه به افزایش دبی هوای ورودی دمای بالایی را تجربه می‌کند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت برای رسیدن به محفظه احتراق مناسب باید پارامترهای مختلفی نظیر Pattern Factor و Traverse Quality را در نظر گرفت تا محفظه احتراقی با عملکرد بالا داشت.

منابع

- 1- Burgoyne, J. H., and L. Cohen. "The effect of drop size on flame propagation in liquid aerosols." In *Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 225, no. 1162, pp. 375-392. The Royal Society, 1954.
- ۲- امیرحسین عظیمی، مسعود عیدی عطارزاده، صادق تابع جماعت، عباس عونی، صالحه ذهاب، محمدمهدی بالزده، بنیامین کنکاش‌ور، مجید آقایی، ۱۳۹۶، "طراحی آزمونگر محفظه احتراق توربین گاز و آزمایش محفظه نمونه در شرایط اتمسفریک"، نشریه علمی پژوهشی سوخت و احتراق ایران
- 3- Heitor, M.V. and Whitelaw, J.H., 1986. Velocity, temperature, and species characteristics of the flow in a gas-turbine combustor. *Combustion and Flame*, 64(1), pp.1-32.