

مطالعه آزمایشگاهی تاثیر استفاده از سپرهای تشعشی در کاهش انتقال حرارت جابجایی و تشعشی در محفظه‌ای متشکل از دو استوانه هم‌محور متناهی در فشارهای مختلف

سیف‌اله سعدالدین^۱، محمد صادق معتقدی بارفروش^{۲*}

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۳۰	در مقاله حاضر، مطالعه آزمایشگاهی تاثیر قرارگیری سپرهای تشعشی در محفظه‌ای متشکل از دو استوانه متناهی هم‌محور بر میزان تلفات حرارتی ناشی از جابجایی آزاد و انتقال حرارت تشعشی مورد بررسی قرار گرفته است. محفظه مورد مطالعه شامل دو استوانه هم‌محور بوده که استوانه داخلی دارای دمای بالاتری می‌باشد و بین این دو استوانه از یک و یا دو سپر تشعشی با جنس‌های مختلف (آلومینیوم، مس و استیل) در فواصل مختلف استفاده شده است. تاثیر خواص فیزیکی (ضریب جذب سپرهای تشعشی)، فاصله سپرهای تشعشی، دمای استوانه داخلی و فشار محفظه بر میزان تلفات حرارتی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده برای دماهای مختلف استوانه داخلی (۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد) و فشارهای مختلف محفظه (۰/۲ و ۱/۰ اتمسفر) ارائه شده است، که نشان‌دهنده تاثیر مستقیم فشار محفظه و ضریب جذب سپر تشعشی بر میزان تلفات حرارتی بین استوانه داخلی و خارجی می‌باشد.
پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۰۷	
واژگان کلیدی:	
جابجایی آزاد، تابش حرارتی، استوانه متناهی، سپر تشعشی، محفظه بسته.	

۱- مقدمه

طی سالیان گذشته مساله انتقال حرارت جابجایی آزاد در محفظه‌های بسته مانند کلکتورهای خورشیدی، خنک‌کاری تجهیزات الکترونیکی و عایق‌کاری مخازن، به وفور مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که بررسی‌های مختلف نشان داده است که در جایی که انتقال حرارت جابجایی آزاد اهمیت داشته باشد، انتقال حرارت جابجایی و تشعشی از درجه اهمیت یکسانی برخوردار خواهند بود [۱-۳]. با توجه به اهمیت موضوع، در بسیاری از پژوهش‌های انجام شده هر دو پدیده انتقال حرارت جابجایی آزاد و انتقال حرارت تابشی به صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اولین مطالعات در این زمینه در دهه ۸۰

میلادی توسط منگوک و ویسکانتا [۴] و یانگ [۵] انجام شده است. کوزنتسو و شرمث [۶] تاثیر عدد گراشف، ضخامت اپتیکی و ضریب رسانش دیواره محفظه را بر مشخصات جریان سیال و انتقال حرارت در یک حفره را مورد بررسی قرار دادند. در کار مشابه دیگری شرما و همکاران [۷] به بررسی هم‌زمان انتقال حرارت جابجایی آزاد و تشعشع در یک محفظه مربعی با نسبت‌های منظری متفاوت پرداختند. در نهایت همبستگی بین عدد ناسلت متوسط بر حسب عدد رایلی و نسبت‌های منظری توسط آنها ارائه شد که از آن می‌توان در مسائل طراحی استفاده کرد. هولدن و همکاران [۸] با استفاده از سپرهای تشعشی دستگاه ساده‌ای ساختند که با هزینه‌ای بسیار پایین قادر به

*. پست الکترونیک نویسنده مسئول: ms.motaghedi@yahoo.com

۱. دانشیار، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

۲. دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان

۱/۰ اتمسفر برای هوای داخل محفظه مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- دستگاه آزمایشگاهی

شماتیکی از هندسه مورد بررسی به همراه تجهیزات به کار رفته در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشاهده می‌شود که این دستگاه شامل یک محفظه استوانه‌ای با طول محدود (۶۰ سانتیمتر) می‌باشد که شامل دو استوانه هم محور می‌باشد که استوانه داخلی دارای دمای بیشتری است. در سطح داخلی استوانه داخلی المان‌های گرمایی از نوع سیم مقاومتی نصب شده است که با عبور جریان الکتریکی از داخل آن حرارت تولید می‌شود. استوانه بیرونی نیز در مجاورت هوای محیط قرار داشته و با جابجایی آزاد خنک می‌شود. این محفظه از هوا پر شده و در آن از یک پمپ خلا برای تنظیم فشار استفاده شده است و گیج فشار تعبیه شده در بالای محفظه امکان مشاهده و ثبت فشار محفظه را فراهم می‌کند. مابین استوانه‌ها سپرهای تشعشی با جنس‌های مختلف و با ضخامت ۲ میلیمتر مورد استفاده قرار گرفته است که دمای هر کدام از آنها به وسیله سنسورهای دمای نوع K، اندازه‌گیری شده و توسط یک واحد ثبت داده‌ها (DAS) به کامپیوتر فرستاده می‌شود. سطوح پایینی و بالایی محفظه با استفاده از عایق‌های سرامیکی با ضریب هدایت حرارتی در محدوده 1 W/mK عایق شده است.

برای انجام آزمایش نیاز به تغییر و ثابت نگه داشتن دمای استوانه داخلی می‌باشد که این فرآیند با ثبت دمای استوانه داخلی و ارسال آن به سیستم کنترل جهت تغییر میزان جریان الکتریکی عبوری از سیم‌های مقاومتی انجام می‌گیرد. در این مقاله نتایج برای دو دمای مختلف ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد گزارش شده است. در زمان تست دمای محیط در محدوده ۳۰ درجه سانتیگراد قرار داشته و نوسانات اندکی برای آن مشاهده شد. در نهایت شش هندسه مختلف مورد بررسی قرار گرفت که مشخصات هندسی هر کدام از آنها در جدول ۱ آورده شده است.

اندازه‌گیری دمای هوا در محیطه‌هایی بسیار نامناسب جهت استفاده در مصارف کشاورزی می‌باشد.

لمبره و پتی [۹] به بررسی دوبعدی انتقال حرارت با جابجایی آزاد در یک محفظه استوانه‌ای پرداختند. در کار آنها سطح بیرونی استوانه دارای شار ثابت بوده و استوانه از طریق صفحه بالایی خنک شده و صفحه پایینی آن نیز عایق در نظر گرفته شده است. در کار آنها انتقال حرارت تشعشع در نظر گرفته نشده است. کلومت و همکاران [۱۰] در کار مشابه دیگری به بررسی انتقال حرارت تابشی در یک محفظه مستطیلی با محیطه‌های مشارکتی و غیرمشارکتی پرداختند.

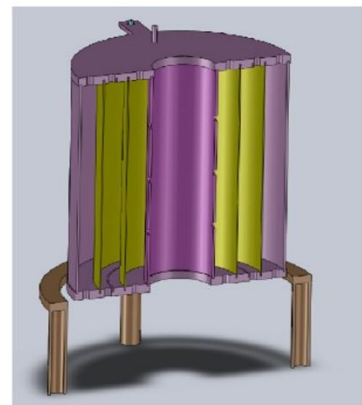
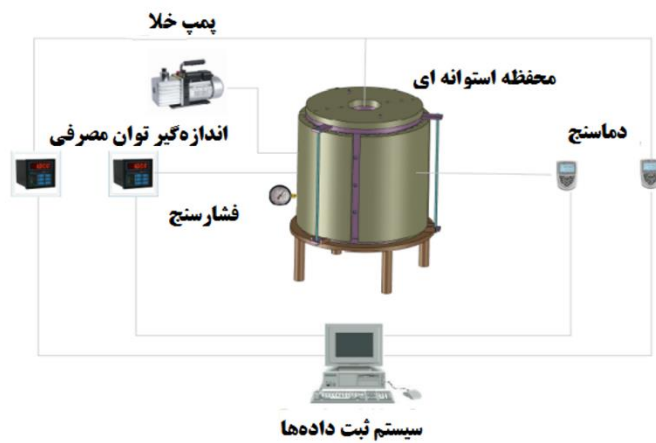
سعدالدین و معتقدی [۱۱] انتقال حرارت جابجایی و تشعشع در یک صفحه متحرک را به صورت تحلیلی مورد بررسی قرار دادند. آنها در کار خود ضریب نشر تشعشع و ضریب هدایت حرارتی صفحه را تابعی از دما در نظر گرفتند. در کارهای قبلی که توسط مولف در این زمینه انجام شده است روش تحلیلی ساده‌ای برای محاسبه میزان کاهش انتقال حرارت تابشی در محفظه‌های استوانه‌ای [۱۲ و ۱۳] و کروی [۱۴ و ۱۵] با استفاده از سپرهای تشعشی مورد بررسی قرار گرفته است. در مقاله حاضر نیز تاثیر تعداد و فاصله قرارگیری سپرهای تشعشی با جنس‌های مختلف بین دو استوانه متناهی هم محور در فشارهای کاری مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپرهای تشعشی در واقع صفحات نازک با ضریب انعکاس بالا می‌باشند که به عنوان مقاومت‌های حرارتی در مسیر انتقال حرارت تابشی بین سطوح مختلف قرار داده می‌شوند. در کار حاضر نیز با قرار دادن یک و دو سپر تشعشی با ضخامت ۲ میلیمتر با سه جنس مختلف (آلومینیوم، مس و استیل) به بررسی میزان کاهش انتقال حرارت از استوانه داخلی به سمت استوانه بیرونی می‌پردازیم. در کار حاضر دمای استوانه داخلی در محدوده ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد قرار داشته و استوانه بیرونی با هوای پیرامون به صورت جابجایی آزاد خنک می‌شود. محفظه مورد بررسی از پایین و بالا عایق شده و میزان انتقال حرارت از استوانه داخلی در دو فشار مختلف ۰/۲ و

برای سپرهای تشعشعی نیز لحاظ شد. در مجموع نتایج مربوط به ۱۰۰ آزمایش مختلف در کار حاضر ارائه شده است که توضیحات مربوط به هر کدام از آنها در بخش بعدی ارائه می‌گردد.

شماتیکی از نحوه قرارگیری سپرها بین دو استوانه در شکل ۳ آورده شده است. در هر کدام از حالت‌های مورد بررسی دو دمای مختلف برای استوانه داخلی و دو فشار مختلف برای محفظه مورد بررسی قرار گرفت و جنس‌های مختلفی

جدول ۱- مشخصات هندسی مربوط به حالت‌های مختلف مورد بررسی

تعداد سپرهای تشعشعی	قطر استوانه داخلی (cm)	قطر سپر تشعشعی اول (cm)	قطر سپر تشعشعی دوم (cm)	قطر استوانه خارجی (cm)	حالت
۰	۱۶	-	-	۵۰	حالت اول
۱	۱۶	۲۶	-	۵۰	حالت دوم
۱	۱۶	۳۴	-	۵۰	حالت سوم
۲	۱۶	۲۶	۳۴	۵۰	حالت چهارم
۲	۱۶	۲۶	۴۲	۵۰	حالت پنجم
۲	۱۶	۳۴	۴۲	۵۰	حالت ششم



شکل ۱- شماتیکی از دستگاه آزمایشگاهی مورد استفاده در کار حاضر

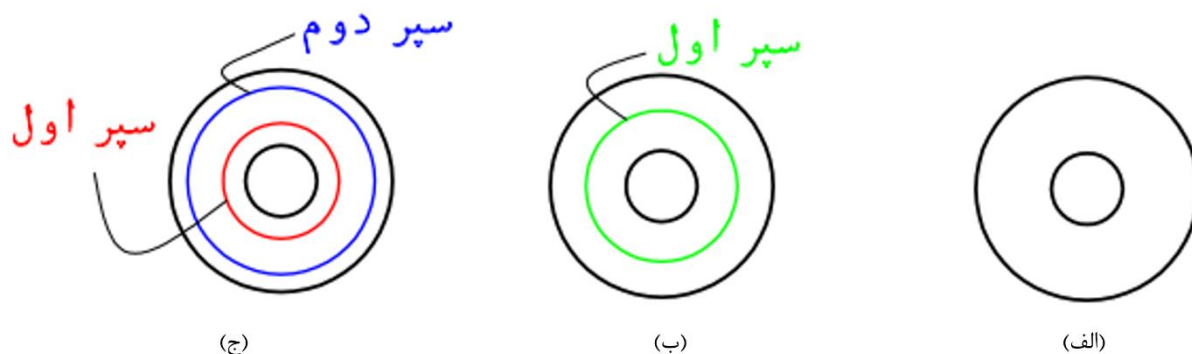


(ب)

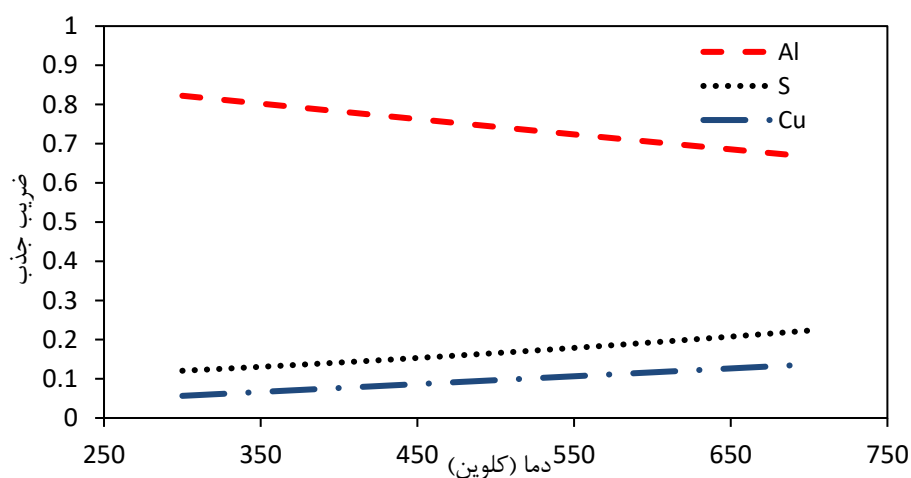


(الف)

شکل ۲- تجهیزات آزمایشگاهی، (الف) محفظه استوانه‌ای و (ب) سپرهای تشعشعی



شکل ۳- نمای بالایی دو استوانه هم‌محور، (الف) بدون سپر تشعشی (حالت اول)، (ب) همراه با یک سپر تشعشی (حالت‌های دوم و سوم) و (ج) همراه با دو سپر تشعشی (حالت‌های چهارم تا ششم)



شکل ۴- ضریب جذب تشعشع برای آلومینیوم، استیل و مس در دماهای مختلف [۱۶]

$$\eta = \frac{q''_{with\ shield} - q''_{without\ shield}}{q''_{without\ shield}} \times 100\% \quad (1)$$

همانگونه که در بخش قبلی اشاره شد، در کار حاضر تاثیر قرارگیری سپرهای تشعشی با جنس‌های مختلف و در فشارهای مختلف در داخل محفظه‌ای متشکل از دو استوانه هم‌محور متناهی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج به دست آمده برای میزان تلفات حرارتی از استوانه داخلی برای حالت‌های ۱ تا ۶ مورد اشاره در جدول ۱ در جداول ۲ تا ۷ آورده شده است.

جدول ۲ مربوط به حالتی است که در آن هیچگونه سپر تشعشی برای کاهش تلفات حرارتی استفاده نشده است. از اینرو این حالت به عنوان حالت معیار در نظر گرفته شد و درصد کاهش تلفات حرارتی در حالت‌های ۲ تا ۶ برای دما و فشار کاری یکسان با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید که نتایج مربوط به آنها در جداول ۳ تا ۷ آورده شده است.

با دقت در این جداول مشاهده می‌شود که در تمامی حالت‌ها قرار دادن سپر تشعشی منجر به کاهش میزان شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی می‌گردد. با دقت در جداول ۳ و ۴ مشاهده می‌شود که بیشترین میزان کاهش تلفات مربوط به حالتی است که سپر تشعشی در نزدیکی استوانه داخلی قرار گیرد (حالت دوم) و سپر تشعشی نیز از جنس مس انتخاب گردد، چرا که در مقایسه با دو فلز دیگر (استیل و آلومینیوم)، مس ضریب جذب کمتری را دارا می‌باشد (شکل ۴).

با دقت در جداول ۵ تا ۷ مشاهده می‌شود که در صورت استفاده از دو سپر تشعشی کمترین میزان تلفات حرارتی از استوانه داخلی مربوط به حالت چهارم می‌باشد که در آن

۳- بحث و بررسی نتایج

همانگونه که در بخش قبلی اشاره شد، در کار حاضر تاثیر قرارگیری سپرهای تشعشی با جنس‌های مختلف و در فشارهای مختلف در داخل محفظه‌ای متشکل از دو استوانه هم‌محور متناهی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج به دست آمده برای میزان تلفات حرارتی از استوانه داخلی برای حالت‌های ۱ تا ۶ مورد اشاره در جدول ۱ در جداول ۲ تا ۷ آورده شده است.

جدول ۲ مربوط به حالتی است که در آن هیچگونه سپر تشعشی برای کاهش تلفات حرارتی استفاده نشده است. از اینرو این حالت به عنوان حالت معیار در نظر گرفته شد و درصد کاهش تلفات حرارتی در حالت‌های ۲ تا ۶ برای دما و فشار کاری یکسان با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید که نتایج مربوط به آنها در جداول ۳ تا ۷ آورده شده است.

$$Gr = \frac{g\beta(T_h - T_c)L_c^3}{\nu^2} \quad (3)$$

$$\frac{Gr_{p_1}}{Gr_{p_2}} = \left(\frac{\nu_{p_2}}{\nu_{p_1}}\right)^2 = \left(\frac{\mu_{p_2}}{\mu_{p_1}}\right)^2 \left(\frac{\rho_{p_1}}{\rho_{p_2}}\right)^2 \quad (4)$$

$$= \text{ideal gas} \left(\frac{\mu_{p_2}}{\mu_{p_1}}\right)^2 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2$$

$$\Rightarrow \frac{Gr_{p_1}}{Gr_{p_2}} \propto \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^2$$

با دقت در رابطه بالا مشاهده می‌شود که برای گاز ایده‌آل عدد گراشف با توان دوم فشار رابطه مستقیم دارد. بنابراین در صورت کاهش فشار از ۱ اتمسفر به ۰/۲ اتمسفر عدد گراشف به میزان ۲۵ برابر کاهش می‌یابد؛ که نشان‌دهنده نیروی بویانسی پایین در فشارهای پایین‌تر بوده و در نتیجه نرخ انتقال حرارت جابجایی کاهش یافته و تلفات حرارتی ناشی از انتقال حرارت جابجایی از استوانه داخلی کاهش می‌یابد. از طرف دیگر با توجه به اینکه هوای محبوس در داخل محفظه مشارکتی در انتقال حرارت تابش نخواهد داشت، با کاهش ضریب انتقال حرارت جابجایی در اثر کاهش فشار محفظه، نرخ انتقال حرارت جابجایی سپرهای تشعشعی کاهش یافته و در نتیجه دمای سپرهای تشعشعی افزایش می‌یابد. این پدیده با دقت در دماهای ذکر شده برای حالت‌های مختلف در جداول ۳ تا ۷ به وضوح دیده می‌شود.

سپرهای تشعشعی در فواصل ۵ و ۹ سانتیمتری از استوانه داخلی قرار گرفته‌اند. در این حالت نیز کمترین شار حرارتی تلف شده مربوط به موردی می‌باشد که در آن سپرهای با جنس مس و استیل استفاده شده است که سپر مسی در نزدیکی استوانه داخلی قرار دارد.

همانگونه که در بخش قبلی بیان شد به منظور بررسی تاثیر فشار محفظه بر تلفات حرارتی دو فشار مختلف برای مخزن مورد بررسی قرار گرفت. با دقت در جداول ۲ تا ۷ مشاهده می‌شود که در فشارهای بالاتر به واسطه بالا بودن ضریب انتقال حرارت جابجایی میزان تلفات حرارتی بیشتر می‌باشد. در شکل ۵ برای هر شش حالت مورد بررسی برای دمای استوانه داخلی ۴۰۰ درجه سانتیگراد و فشار محفظه ۱ و ۰/۲ اتمسفر میزان شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای بهترین حالت آن به تصویر کشیده شده است. در ادامه به منظور بررسی دقیق‌تر تاثیر فشار محفظه بر میزان انتقال حرارت جابجایی با استفاده از فرض گاز ایده‌آل برای هوای محبوس در داخل محفظه ($P = \rho RT$) ضریب انبساط حجمی هوا (β) با معکوس دما رابطه خواهد داشت:

$$\beta = \frac{1}{T} \quad (2)$$

بنابراین برای گاز ایده‌آل، با فرض دمای ثابت، کاهش فشار محفظه تاثیری بر ضریب انبساط حجمی نخواهد داشت. بنابراین در فشارهای مختلف نسبت عدد گراشف را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

جدول ۲- شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت اول

حالت اول	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	q_{tot}'' [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]
بدون سپر	۲۰۰	۱،۰	۱۰۱۷	-	-
		۰،۲	۶۲۳	-	-
	۴۰۰	۱،۰	۳۲۸۰	-	-
		۰،۲	۲۲۶۴	-	-

جدول ۳- شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت دوم

حالت دوم	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	q''_{tot} [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]	η (%)
Al	۲۰۰	۱,۰	۶۲۹,۰	۳۵۴,۴	-	-۳۸,۲
		۰,۲	۴۲۹,۰	۳۶۳,۱	-	-۳۱,۱
	۴۰۰	۱,۰	۲۱۸۲,۰	۴۷۵,۲	-	-۳۳,۵
		۰,۲	۱۷۹۵,۰	۵۱۱,۳	-	-۲۰,۷
Cu	۲۰۰	۱,۰	۵۰۴,۰	۳۴۵,۶	-	-۵۰,۴
		۰,۲	۲۶۹,۰	۳۵۴,۶	-	-۵۶,۸
	۴۰۰	۱,۰	۱۴۰۲,۰	۴۳۴,۱	-	-۵۷,۳
		۰,۲	۹۷۱,۰	۴۷۸,۷	-	-۵۷,۱
St	۲۰۰	۱,۰	۵۵۰,۰	۳۵۷,۹	-	-۴۵,۹
		۰,۲	۳۰۶,۰	۳۶۳,۶	-	-۵۰,۹
	۴۰۰	۱,۰	۱۴۹۳,۰	۴۶۱,۴	-	-۵۴,۵
		۰,۲	۱۲۱۴,۰	۵۱۶,۳	-	-۴۶,۴

جدول ۴- شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت سوم

حالت سوم	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	q''_{tot} [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]	η (%)
Al	۲۰۰	۱,۰	۶۹۵,۰	۳۴۳,۹	-	-۳۱,۷
		۰,۲	۴۳۸,۰	۳۵۷,۰	-	-۲۹,۷
	۴۰۰	۱,۰	۲۳۶۵,۰	۴۵۵,۶	-	-۲۷,۹
		۰,۲	۱۸۴۰,۰	۴۷۴,۴	-	-۱۸,۷
Cu	۲۰۰	۱,۰	۵۸۶,۰	۳۴۴,۵	-	-۴۲,۴
		۰,۲	۳۱۱,۰	۳۵۲,۶	-	-۵۰,۱
	۴۰۰	۱,۰	۱۵۹۶,۰	۴۲۵,۶	-	-۵۱,۳
		۰,۲	۱۱۵۷,۰	۴۷۱,۲	-	-۴۸,۹
St	۲۰۰	۱,۰	۵۸۶,۰	۳۵۰,۲	-	-۴۲,۴
		۰,۲	۳۴۷,۰	۳۵۵,۲	-	-۴۴,۳
	۴۰۰	۱,۰	۱۷۹۷,۰	۴۱۸,۶	-	-۴۵,۲
		۰,۲	۱۳۵۰,۰	۴۵۸,۶	-	-۴۰,۴

جدول ۵- شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت چهارم

حالت چهارم	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	q''_{tot} [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]	η (%)
Al-Cu	۲۰۰	۱,۰	۴۳۲,۰	۴۰۶,۱	۳۴۸,۴	-۵۷,۵
		۰,۲	۲۳۸,۰	۴۱۵,۵	۳۵۵,۴	-۶۱,۸
	۴۰۰	۱,۰	۱۳۲۳,۰	۵۷۵,۳	۴۶۳,۸	-۵۹,۷
		۰,۲	۹۹۰,۰	۵۸۹,۷	۴۸۵,۲	-۵۶,۳
Al-St	۲۰۰	۱,۰	۴۲۶,۰	۳۸۴,۰	۳۵۲,۵	-۵۸,۱
		۰,۲	۲۶۸,۰	۴۰۱,۵	۳۵۲,۶	-۵۷,۰
	۴۰۰	۱,۰	۱۵۸۰,۰	۵۶۰,۰	۴۵۳,۴	-۵۱,۸
		۰,۲	۱۱۲۵,۰	۵۶۲,۳	۴۸۱,۸	-۵۰,۳
Cu-Al	۲۰۰	۱,۰	۳۹۲,۰	۳۸۸,۴	۳۳۷,۸	-۶۱,۵
		۰,۲	۲۱۲,۰	۳۸۹,۰	۳۳۴,۱	-۶۶,۰
	۴۰۰	۱,۰	۱۱۳۸,۰	۵۲۴,۹	۴۱۳,۴	-۶۵,۳
		۰,۲	۸۳۶,۰	۵۲۹,۵	۴۰۱,۸	-۶۳,۱

ادامه جدول ۵

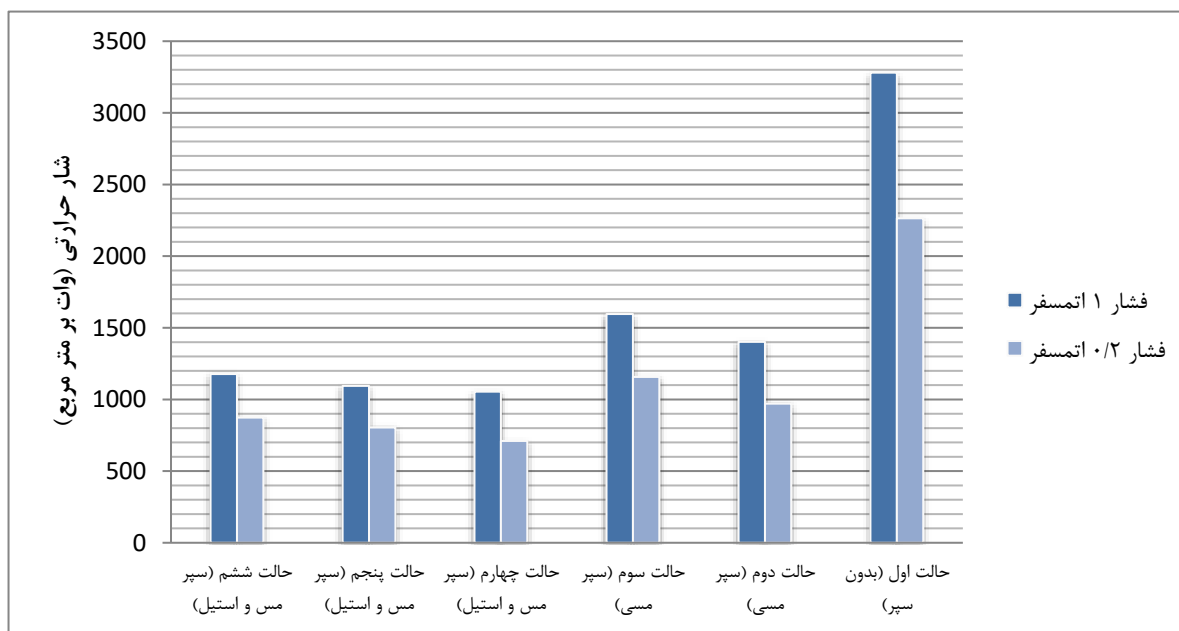
حالت چهارم	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	Q''_{tot} [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]	η (%)
Cu-St	۲۰۰	۱,۰	۳۷۶,۰	۳۸۱,۵	۳۳۸,۷	-۶۳,۰
		۰,۲	۱۹۵,۰	۳۹۷,۱	۳۳۴,۳	-۶۸,۷
	۴۰۰	۱,۰	۱۰۵۴,۰	۵۴۴,۲	۴۰۹,۴	-۶۷,۹
		۰,۲	۷۱۰,۰	۵۶۸,۰	۴۰۴,۰	-۶۸,۶
St-Al	۲۰۰	۱,۰	۴۲۹,۰	۳۹۴,۶	۳۴۲,۰	-۵۷,۸
		۰,۲	۲۵۰,۰	۳۹۲,۴	۳۴۴,۲	-۵۹,۹
	۴۰۰	۱,۰	۱۳۷۹,۰	۵۰۲,۱	۴۲۴,۰	-۵۸,۰
		۰,۲	۱۰۲۶,۰	۵۳۵,۷	۴۱۳,۸	-۵۴,۷
St-Cu	۲۰۰	۱,۰	۳۷۵,۰	۳۹۷,۴	۳۳۹,۴	-۶۳,۱
		۰,۲	۲۰۴,۰	۴۰۳,۴	۳۳۹,۷	-۶۷,۳
	۴۰۰	۱,۰	۱۱۳۴,۰	۵۰۹,۳	۴۴۲,۳	-۶۵,۴
		۰,۲	۷۹۸,۰	۵۵۹,۹	۴۴۲,۵	-۶۴,۸

جدول ۶- شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت پنجم

حالت پنجم	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	Q''_{tot} [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]	η (%)
Al-Cu	۲۰۰	۱,۰	۴۴۴,۰	۳۷۳,۴	۳۱۱,۴	-۵۶,۳
		۰,۲	۲۶۷,۰	۴۰۴,۵	۳۳۹,۸	-۵۷,۱
	۴۰۰	۱,۰	۱۴۶۴,۰	۵۳۲,۴	۳۷۶,۵	-۵۵,۴
		۰,۲	۱۱۲۸,۰	۵۶۳,۷	۴۱۹,۶	-۵۰,۲
Al-St	۲۰۰	۱,۰	۴۷۴,۰	۳۷۲,۲	۳۱۰,۶	-۵۳,۴
		۰,۲	۲۹۴,۰	۳۹۷,۶	۳۳۷,۳	-۵۲,۸
	۴۰۰	۱,۰	۱۶۰۳,۰	۵۳۰,۵	۳۷۱,۱	-۵۱,۱
		۰,۲	۱۳۱۰,۰	۵۶۳,۴	۴۳۷,۳	-۴۲,۱
Cu-Al	۲۰۰	۱,۰	۳۹۵,۰	۳۵۸,۴	۳۰۴,۱	-۶۱,۲
		۰,۲	۲۱۴,۰	۳۶۹,۸	۳۲۳,۱	-۶۵,۷
	۴۰۰	۱,۰	۱۱۷۰,۰	۴۳۶,۵	۳۵۴,۱	-۶۴,۳
		۰,۲	۸۸۳,۰	۵۱۰,۰	۳۶۷,۹	-۶۱,۰
Cu-St	۲۰۰	۱,۰	۳۸۵,۰	۳۶۶,۵	۳۱۶,۵	-۶۲,۱
		۰,۲	۲۰۸,۰	۳۸۱,۵	۳۲۵,۵	-۶۶,۶
	۴۰۰	۱,۰	۱۰۹۴,۰	۴۷۰,۷	۳۵۵,۸	-۶۶,۶
		۰,۲	۸۰۴,۰	۵۱۳,۷	۳۷۹,۵	-۶۴,۵
St-Al	۲۰۰	۱,۰	۴۳۵,۰	۳۷۲,۷	۳۱۹,۴	-۵۷,۲
		۰,۲	۲۵۹,۰	۳۸۱,۹	۳۳۱,۷	-۵۸,۴
	۴۰۰	۱,۰	۱۳۲۵,۰	۴۹۷,۲	۳۴۰,۸	-۵۹,۶
		۰,۲	۱۰۵۷,۰	۵۰۰,۶	۳۷۹,۲	-۵۳,۳
St-Cu	۲۰۰	۱,۰	۳۹۳,۰	۳۷۸,۲	۳۱۱,۵	-۶۱,۴
		۰,۲	۲۱۵,۰	۳۸۹,۷	۳۱۸,۵	-۶۵,۵
	۴۰۰	۱,۰	۱۱۶۷,۰	۴۹۶,۳	۳۳۹,۴	-۶۴,۴
		۰,۲	۸۷۶,۰	۵۵۸,۹	۴۰۷,۳	-۶۱,۳

جدول ۷- شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت ششم

حالت ششم	T_{in} [°C]	P_{enc} [atm]	Q_{tot}'' [w/m ²]	T_{sh1} [K]	T_{sh2} [K]	η (%)
Al-Cu	۲۰۰	۱,۰	۴۷۵,۰	۳۷۹,۵	۳۵۴,۸	-۵۳,۳
		۰,۲	۲۷۵,۰	۳۹۵,۲	۳۵۰,۷	-۵۵,۹
	۴۰۰	۱,۰	۱۵۳۰,۰	۵۴۱,۱	۴۹۳,۱	-۵۳,۴
		۰,۲	۱۱۴۶,۰	۵۶۰,۵	۴۶۵,۱	-۴۹,۴
Al-St	۲۰۰	۱,۰	۵۰۶,۰	۳۶۸,۲	۳۴۷,۱	-۵۰,۲
		۰,۲	۳۰۴,۰	۳۸۷,۸	۳۵۰,۳	-۵۱,۲
	۴۰۰	۱,۰	۱۶۹۸,۰	۵۱۵,۱	۴۷۰,۵	-۴۸,۲
		۰,۲	۱۲۴۰,۰	۵۵۲,۸	۴۹۱,۷	-۴۵,۲
Cu-Al	۲۰۰	۱,۰	۴۶۳,۰	۳۵۴,۸	۳۳۷,۲	-۵۴,۵
		۰,۲	۲۵۳,۰	۳۷۲,۶	۳۳۳,۵	-۵۹,۴
	۴۰۰	۱,۰	۱۲۸۵,۰	۴۷۴,۰	۴۲۳,۳	-۶۰,۸
		۰,۲	۹۵۳,۰	۵۱۸,۶	۴۲۸,۳	-۵۷,۹
Cu-St	۲۰۰	۱,۰	۴۲۴,۰	۳۷۴,۴	۳۴۶,۵	-۵۸,۳
		۰,۲	۲۲۴,۰	۳۷۴,۳	۳۴۷,۲	-۶۴,۰
	۴۰۰	۱,۰	۱۱۷۷,۰	۴۵۹,۸	۴۴۱,۱	-۶۴,۱
		۰,۲	۸۵۳,۰	۵۳۳,۵	۴۲۱,۶	-۶۲,۳
St-Al	۲۰۰	۱,۰	۴۹۵,۰	۳۶۰,۹	۳۵۰,۴	-۵۱,۳
		۰,۲	۲۹۱,۰	۳۷۶,۱	۳۴۵,۷	-۵۳,۳
	۴۰۰	۱,۰	۱۴۸۳,۰	۴۷۷,۴	۴۱۱,۴	-۵۴,۸
		۰,۲	۱۱۷۸,۰	۵۱۵,۲	۴۵۰,۸	-۴۸,۰
St-Cu	۲۰۰	۱,۰	۴۵۱,۰	۳۷۶,۹	۳۳۳,۷	-۵۵,۷
		۰,۲	۲۴۱,۰	۳۹۰,۲	۳۵۳,۰	-۶۱,۳
	۴۰۰	۱,۰	۱۲۹۱,۰	۴۷۶,۸	۴۵۶,۶	-۶۰,۶
		۰,۲	۹۴۶,۰	۵۱۹,۱	۴۴۷,۵	-۵۸,۲



شکل ۵- کمترین شار حرارتی تلف شده از استوانه داخلی برای حالت‌های مختلف برای فشار محفظه ۱ و ۰/۲ اتمسفر و دمای استوانه داخلی ۴۰۰ درجه سانتیگراد

۴- نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر بررسی آزمایشگاهی میزان کاهش انتقال حرارت جابجایی و تشعشعی بین دو استوانه هم‌مرکز متناهی با استفاده از سپرهای تشعشعی برای شش حالت مختلف مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مشاهدات انجام شده نتایج زیر به دست آمد:

❖ در بین فلزهای مورد بررسی مس به واسطه دارا بودن کمترین میزان ضریب جذب تشعشع بهترین گزینه برای استفاده به عنوان سپر تشعشعی می‌باشد.

❖ در صورتی که از یک سپر تشعشعی استفاده شود کمترین میزان تلفات مربوط به حالتی خواهد بود که سپر تشعشعی در نزدیکی استوانه داخلی قرار گیرد. به عنوان مثال برای حالتی که از سپر تشعشعی از جنس مس در دمای استوانه داخلی برابر با ۴۰۰ درجه سانتیگراد و فشار محفظه برابر با یک اتمسفر استفاده شده باشد، مشاهده می‌شود که درصد کاهش تلفات در حالت‌های دوم و سوم به ترتیب برابر با ۵۷/۳٪ و ۵۱/۳٪ می‌باشد که نشان‌دهنده بهبود عملکرد ۶٪ در صورت نزدیکتر کردن سپر تشعشعی به استوانه داخلی از ۹ سانتیمتر به ۵ سانتیمتر می‌باشد.

❖ در صورت استفاده از دو سپر تشعشعی نیز کمترین میزان تلفات مربوط به حالتی خواهد بود

که سپرهای تشعشعی در نزدیک‌ترین موقعیت ممکن نسبت به استوانه داخلی قرار بگیرند.

❖ با کاهش فشار محفظه و در نتیجه آن کاهش عدد گراشف و ضریب انتقال حرارت جابجایی میزان تلفات حرارتی کاهش یافته و به واسطه کاهش نرخ خنک‌کاری سپر تشعشعی، دمای سپر تشعشعی اندکی افزایش می‌یابد.

❖ بیشترین میزان کاهش تلفات در حالتی که از یک سپر تشعشعی استفاده شود مربوط به حالت دوم و استفاده از مس به عنوان سپر تشعشعی می‌باشد که در این حالت برای فشار یک اتمسفر و دماهای استوانه داخلی برابر با ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد میزان کاهش تلفات نسبت به حالتی که از هیچ سپر تشعشعی استفاده نشده باشد به ترتیب برابر با ۵۰/۴٪ و ۵۷/۳٪ می‌باشد.

❖ بیشترین میزان کاهش تلفات در حالتی که از دو سپر تشعشعی استفاده شود مربوط به حالت چهارم و استفاده از مس و استیل به عنوان سپر تشعشعی می‌باشد که در این حالت برای فشار یک اتمسفر و دماهای استوانه داخلی برابر با ۲۰۰ و ۴۰۰ درجه سانتیگراد میزان کاهش تلفات نسبت به حالتی که از هیچ سپر تشعشعی استفاده نشده باشد به ترتیب برابر با ۶۳٪ و ۶۷/۹٪ می‌باشد.

۵- مراجع

- [1] A. Mezrhab, H. Bouali, H. Amaoui, M. Bouzidi, (2006), Computation of combined natural-convection and radiation heat-transfer in a cavity having a square body at its center, Appl. Energy 83, 1004–1023.
- [2] V. Vivek, A.K. Sharma, C. Balaji, (2012), Interaction effects between laminar natural convection and surface radiation in tilted square and shallow enclosures, Int. J. Therm. Sci. 60, 70–84.
- [3] Semen G. Martyushev, Mikhail A. Sheremet, (2014), Conjugate natural convection combined with surface thermal radiation in a three-dimensional enclosure with a heat source, International Journal of Heat and Mass Transfer 73, 340–353.
- [4] Menguc MP, Viskanta R., (1987), Radiation heat transfer in combustion systems. Prog Energy Combust Sci. 13, 97–160.

- [5] Yang K.T., (1986) Numerical modeling of natural convection–radiation interactions in enclosures, *Int. Heat Transfer Conf.* 1, 131–40.
- [6] G.V. Kuznetsov, M.A. Sheremet, (2009), Conjugate natural convection with radiation in an enclosure, *Int. J. Heat Mass Tran.* 52, 2215–2223.
- [7] Anil Kumar Sharma, K. Velusamy, C. Balaji, S.P. Venkateshan, (2007), Conjugate turbulent natural convection with surface radiation in air filled rectangular enclosures, *Int. J. Heat Mass Tran.* 50, 625–639.
- [8] Zachary A. Holdena, Anna E. Klene, Robert F. Keefe, Gretchen G. Moisen, (2013), Design and evaluation of an inexpensive radiation shield for monitoring surface air temperatures, *Agricultural and Forest Meteorology* 180, 281– 286.
- [9] A. Lemembre, J.P. Petit, (1998), Laminar natural convection in a laterally heated and upper cooled vertical cylindrical enclosure, *Int. J. Heat Mass Tran.* 41, (16) 2437–2454.
- [10] G. Colomer, M. Costa, R. Consul, A. Oliva, (2004), Three-dimensional numerical simulation of convection and radiation in a differentially heated cavity using the discrete ordinates method, *Int. J. Heat Mass Tran.* 47, 257–269.
- [11] Seyfolah Saedodin, Mohammad Sadegh Motaghedi Barforoush, (2014), Comprehensive analytical study for convective–radiative continuously moving plates with multiple non-linearities, *Energy Conversion and Management* 81, 160–168.
- [12] Seyfolah Saedodin, M.S. Motaghedi Barforoush, Mohsen Torabi, (2011), Reducing Heat Transfer Between Two Concentric Semi-Cylinders Using Radiation Shields with Temperature-Dependent Emissivity, *Frontiers in Heat and Mass Transfer (FHMT)*, 2, 044001.
- [13] Seyfolah Saedodin, M. S. Motaghedi Barforoush, Mohsen Torabi, (2012), Calculation of Reduction Heat Transfer between Two Finite Concentric Cylinders Using Radiation Shields with Temperature-Dependent Emissivity, *International Review of Mechanical Engineering*, Vol. 6, N. 1.
- [14] Seyfolah Saedodin, M.S. Motaghedi Barforoush, Mohsen Torabi, (2011), Calculation of radiation heat transfer using hemisphere shields with temperature-dependent emissivity, *Journal of Applied Sciences* 11, (12), 2238-2243.
- [15] Seyfolah Saedodin, Mohsen Torabi, Jalal Moghimi Kandelousi and Nima Maghsodloo, (2010), Application of Net Radiation Transfer Method for Optimization and Calculation of Reduction Heat Transfer, Using Spherical Radiation Shields, *World Applied Sciences Journal* 11, (4): 457-461.
- [16] F.P. Incropera, D.P. Dewitt, T.L. Bergman, and A.S. Lavine, (2007), *Fundamentals of Heat and mass transfer*, 6th ed., John Wiley and sons, New York.