

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۴۰۲ھ



دانشکده فنی

گروه مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش تبدیل انرژی

عنوان

شبیه سازی عددی مکانیزم سرمایش در ورتکس تیوب

دانشجو:

سعید آخسمة

استاد راهنما:

دکتر نادر پور محمود

۱۳۸۹/۴/۸

مهر اطلاعات مرکز علمی پژوهش
تسبیح بزرگ

زمستان ۸۷

۱۳۸۵۹۳

مورد پذیرش هیات محترم

به تاریخ ۸۷/۱۱/۷ شماره

پایان نامه

داوران با رتبه عالی و نمره ۲۵/۱ - قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران: دکتر ناصر نورمحمدی

۲- استاد مشاور:

۳- داور خارجی: دکتر سهراب خلیل آریا

۴- داور داخلی: دکتر محمد جعفر نادر

۵- نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر جواد نورمحمدی

حق چاپ و نشر مطالب این پایان نامه
در اختیار دانشگاه ارومیه می باشد.

تقدیم به:

پدر عزیز و بزرگووارم که محبت زلالش گرمی بخش قلبم و زندگی پاک و بی آلایش
همواره سر مشقی برای زیستنم است.

و

مادر عزیزتر از جانم که وجود بهشتی اش همیشه برایم پناهگاهی از آرامش است.

و

خواهر عزیزم که وجودش مایه افتخار و بهانه زندگیم است.

و ایران سر بلندم

تقدیر و تشکر:

خداوند بزرگ را سپاس می گویم به خاطر تمامی نعمت هایش و به خاطر لطف بی کرانش ، چه بارها که رشته زندگی ام به مویی رسید ولی به خاطر الطاف بی کران یگانه هستی بخش هرگز گسسته نشد. حال که این پایان نامه به اتمام رسیده است بر خود لازم می دانم از زحمات بی پایان استادانی که این نگارش مرهون دانش آنان است، سپاسگذاری کنم.

نخست از آقای دکتر نادر پورمحمود، استاد راهنمای پایان نامه که با بصیرت و مهربانی ایشان مشکلات فراروی این تحقیق هموار شد. در طول مدت تحصیل همواره از راهنمایی های ارزشمند ایشان بهره برده ام و بر خود می بالم و مفتخرم به شاگردی ایشان .

جا دارد از اعضای هیات علمی گروه مکانیک دانشگاه ارومیه به ویژه آقای دکتر شهرام خلیل آریا و آقای دکتر صمد جعفرمدار تشکر کنم و مراتب سپاس و قدردانی خود را ابراز دارم.

از همه کارکنان دانشکده فنی دانشگاه ارومیه و دوستان عزیزم، که در کنار آنها بودن تحمل سالهای غربت را برایم آسان نمود.

کمال تشکر را دارم.

فهرست مطالب

چکیده ۱

فصل اول ۲

مقدمه و ساختار پایان نامه

۱-۱ مقدمه ۲

۲-۱ اجزا دستگاه ۳

۳-۱ مزایا و معایب ۳

۴-۱ کاربردها ۴

۵-۱ ساختار کلی پایان نامه ۷

فصل دوم ۹

مروری بر کارهای انجام شده قبلی

۱-۲ مقدمه ۹

۲-۲ پیشرفت های اخیر ۹

۱-۲-۲ پیشرفت های آزمایشگاهی ۱۰

۲-۲-۲ پیشرفت های تئوری ۱۷

فصل سوم ۲۱

بررسی تئوری ورتکس تیوب

۱-۳ مقدمه ۲۱

۲-۳ بررسی ترمودینامیکی ورتکس تیوب ۲۱

۱-۲-۳ قانون اول ترمودینامیک ۲۳

۲-۲-۳ قانون دوم ترمودینامیک ۲۴

۲۸	..... مدل چرخش ثانویه آلبرن
۲۸	..... مدل چرخش ثانویه آلبرن (مدل میدل حرارتی)
۳۱	..... نرمالیزه کردن نسبت فشار X
۳۲	..... مدل اصلی چرخش ثانویه آلبرن
۳۲	..... تفسیر مدل آلبرن
۳۳	..... مدل آلبرن اصلاح شده
۳۸	..... بازده ورتکس تیوب
۳۸	..... بازده گرمایی ورتکس تیوب
۴۰	..... بازده انبساط آیزنتروپیک کامل

فصل چهارم ۴۲

روشهای عددی

۴۲	..... ۱-۴ مقدمه
۴۲	..... ۲-۴ CFD بعنوان روش پیشگویی پدیده ها
۴۳	..... ۳-۴ اجزای اصلی یک برنامه CFD
۴۳	..... ۴-۴ شرط کارا بودن یک الگوریتم CFD
۴۴	..... ۵-۴ روشهای حل معادلات حاکم بر جریان سیال
۴۴	..... ۱-۵-۴ روش تفاضل محدود
۴۴	..... ۲-۵-۴ روش المان محدود
۴۵	..... ۳-۵-۴ روش حجم محدود
۴۸	..... ۶-۴ روشهای محاسبه ترم جابجایی در معادلات حاکم
۴۸	..... ۱-۶-۴ مجزا سازی معادلات ممتهم
۵۱	..... ۷-۴ محاسبات مربوط به توزیع فشار
۵۲	..... ۱-۷-۴ درون یابی فشار
۵۳	..... ۲-۷-۴ وابستگی سرعت و فشار
۵۴	..... ۸-۴ حل معادلات جبری
۵۵	..... ۹-۴ فاکتورهای زیر تخفیف و فوق تخفیف
۵۶	..... ۱۰-۴ همگرایی حل

۵۷	..... ۱۱-۴ معادلات پیوستگی و ممتتم
۵۷	..... ۱۱-۴-۱ معادله بقاء جرم
۵۷	..... ۱۱-۴-۲ معادلات بقاء ممتتم
۵۸	..... ۱۱-۴-۳ جریان های پرودیک
۶۰	..... ۱۱-۴-۴ جریان های چرخشی با تقارن محوری
۶۰	..... ۱۱-۴-۵ جریان های تراکم پذیر

۶۳ فصل پنجم

مقدمه ای بر مدل های توربولانس

۶۳	..... ۱-۵ مقدمه
۶۵	..... ۲-۵ انتخاب مدل توربولانس
۶۶	..... ۳-۵ روش میانگین رینولدز و روش LES
۶۷	..... ۴-۵ متوسط گیری رینولدز
۶۷	..... ۵-۵ روش بوزینگ و مدل های انتقال تنش رینولدز
۶۸	..... ۶-۵ مدل k-ε استاندارد
۶۹	..... ۷-۵ مدل k-ε RNG
۶۹	..... ۸-۵ مدل k-ε realizable
۷۰	..... ۹-۵ مدل k-ω استاندارد
۷۰	..... ۱۰-۵ مدل انتقال تنش برشی یا k-ω(SST)
۷۱	..... ۱۱-۵ هزینه محاسباتی: زمان و رفتار حل
۷۲	..... ۱۲-۵ مدل k-ε استاندارد (Ske)
۷۲	..... ۱-۱۲-۵ معادلات انتقال مدل k-ε استاندارد
۷۲	..... ۲-۱۲-۵ مدل کردن ویسکوزیته توربولانس
۷۲	..... ۳-۱۲-۵ ثابت های مدل
۷۳	..... ۱۳-۵ مدل RNG
۷۳	..... ۱-۱۳-۵ معادلات انتقال مدل RNG
۷۳	..... ۲-۱۳-۵ مدل سازی ویسکوزیته موثر
۷۴	..... ۳-۱۳-۵ تصحیح چرخش در مدل RNG

۷۴	..... محاسبه اعداد پراپرتل موثر معکوس ۴-۱۳-۵
۷۵	..... ثابتهای مدل ۵-۱۳-۵
۷۵	..... مدل $k-\epsilon$ (Realizable)
۷۶	..... معادلات انتقال برای مدل $k-\epsilon$ (Realizable)
۷۶	..... مدل کردن ویسکوزیته توربولانس ۲-۱۴-۵
۷۶	..... ثابتهای مدل ۳-۱۴-۵
۷۷	..... مدل کردن تولید توربولانس در مدل های $k-\epsilon$
۷۷	..... مدل کردن انتقال حرارت و جرم در مدل های $k-\epsilon$
۷۸	..... مدل $k-\omega$ انتقال تنش برشی یا (SST)
۷۸	..... معادلات انتقال مدل SST $k-\omega$
۷۸	..... رفتار نزدیک دیواره در جریانهای توربولانس محصور شده توسط دیواره
۷۹	..... توابع دیواره و مدل نزدیک دیواره ۱۹-۵

۸۱ فصل ششم

بررسی جدایش انرژی و الگوی جریان در ورتکس تیوب

۸۱	..... مقدمه ۱-۶
۸۲	..... هندسه ورتکس تیوب مدل سازی شده ۲-۶
۸۵	..... مدل دو بعدی متقارن محوری همراه با چرخش ۳-۶
۸۵	..... معادلات حاکم ۱-۳-۶
۸۶	..... شرایط مرزی ۲-۳-۶
۸۸	..... تولید شبکه ۳-۳-۶
۸۹	..... مدل توربولانس ۴-۳-۶
۹۰	..... مقایسه نتایج مدل CFD و مدل تجربی ۵-۳-۶
۹۳	..... بررسی ساختار جریان در ورتکس تیوب ۶-۳-۶
۱۰۸	..... مدل سه بعدی پریودیک ۴-۶
۱۰۸	..... شرایط مرزی ۱-۴-۶
۱۱۰	..... تولید شبکه ۲-۴-۶
۱۱۱	..... مقایسه نتایج مدل سه بعدی و مدل تجربی ۳-۴-۶

۱۱۳.....	۴-۴-۶ بررسی الگوی جریان در مدل سه بعدی
۱۱۵.....	۵-۴-۶ مولفه های سرعت
۱۲۰.....	۶-۴-۶ مولفه های فشار
۱۲۳.....	۷-۴-۶ مولفه های دمایی
۱۲۸.....	۵-۶ بررسی بازده ورتکس تیوب
۱۲۸.....	۱-۵-۶ بازده گرمایی ورتکس تیوب
۱۳۰.....	۲-۵-۶ بازده آیزنتروپیک
۱۳۱.....	۶-۶ بررسی تاثیر پارامتر های هندسی
۱۳۱.....	۱-۶-۶ پروفیل و تعداد نازل
۱۳۶.....	۲-۶-۶ قطر خروجی سرد
۱۳۸.....	۳-۶-۶ نسبت طول به قطر

۱۴۰..... فصل هفتم

نتیجه گیری کلی و ارائه پیشنهادات

۱۴۰.....	۱-۷ مقدمه
۱۴۱.....	۲-۷ نتیجه گیری کلی
۱۴۶.....	۳-۷ پیشنهاد برای کارهای آتی

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ نقشه انفجاری ورتکس تیوب ۳
- شکل ۲-۱ یک نمونه از ورتکس تیوب ساخت شرکت EXAIR ۴
- شکل ۳-۱ کاربرد ورتکس تیوب در خنک کاری کاربر در صنایع فولاد و ریخته گری ۵
- شکل ۴-۱ خنک کاری محل جوشکاری اولتراسونیک توسط ورتکس تیوب ۵
- شکل ۵-۱ خنک کاری سریع درزهای بسته بندی جهت نیل به درزبندی ایده آل توسط ورتکس تیوب ۶
- شکل ۶-۱ خنک کاری قطعات تحت ماشین کاری و جوشکاری ۶
- شکل ۷-۱ الف) خنک کاری محل جوشکاری قطعات مسی و آلومینیومی با ورتکس تیوب ، ۶
- شکل ۷-۱ ب) خنک کاری بدنه باک سوخت پس از پرس توسط ورتکس تیوب ۶
- شکل ۱-۲ نمای شماتیک از ورتکس تیوب با جریان مخالف ۱۱
- شکل ۲-۲ نمای شماتیک از ورتکس تیوب با جریان موازی ۱۱
- شکل ۳-۲: ورتکس تیوب مخروطی ۱۵
- شکل ۴-۲: ورتکس تیوب دو مسیره ۱۵
- شکل ۱-۳: حجم کنترل در نظر گرفته شده برای آنالیز ترمودینامیکی ۲۲
- شکل ۲-۳: نتایج حاصل از آنالیز ترمودینامیکی برای دمای سرد و گرم خروجی. ۲۷
- شکل ۳-۳ الف) جریان چرخشی درونی و محیطی در ورتکس تیوب ۲۹
- شکل ۳-۳ ب) چرخش ثانویه و حلقه محیطی در ورتکس تیوب ۲۹
- شکل ۴-۳: توزیع سرعت رانکین در محفظه چرخش ۳۵
- شکل ۵-۳: رابطه بین نسبت فشار بی بعد X و عدد ماخ $M_{a,0}$ برای نسبت های مختلف τ_R ۳۷
- شکل ۱-۴: حجم کنترل سیال در حالت دو بعدی ۴۶
- شکل ۲-۴: المان حجمی ۴۷
- شکل ۳-۴: حجم کنترل در فضای یک بعدی ۴۸
- شکل ۴-۴: پارامتر مربوط به روش بالا دست مرتبه دوم ۴۹
- شکل ۵-۴: تغییرات متغیر ϕ بین $x=0$ تا $x=L$ ۵۰
- شکل ۶-۴: حجم کنترل یک بعدی ۵۱

- شکل ۴-۷: مثالی از هندسه ی پیرودیک..... ۵۹
- شکل ۵-۱ نوسانات سرعت در یک جریان توربولانس..... ۶۵
- شکل ۵-۲ تقسیم بندی ناحیه نزدیک دیواره..... ۸۰
- شکل ۵-۳ مقایسه روش توابع دیواره و روش دو لایه ای..... ۸۰
- شکل ۶-۱ تصویر ورتکس تیوب مدل سازی شده..... ۸۲
- شکل ۶-۲ طرح شماتیک ورتکس تیوب..... ۸۳
- شکل ۶-۳ دو نمای مختلف از ورودی برای اندازه گیری ابعاد نازل..... ۸۴
- شکل ۶-۴ مولفه های مماسی و شعاعی سرعت در ورودی..... ۸۴
- شکل ۶-۵ طرح شماتیک مدل CFD که تصویر قرینه آن به طور واضح مشخص است..... ۸۵
- شکل ۶-۶ پروفیل شبکه ایجاد شده..... ۸۸
- شکل ۶-۷ دمای گاز در خروجی گرم به ازای مدل های مختلف توربولانس..... ۸۹
- شکل ۶-۸ دمای گاز در خروجی سرد به ازای مدل های مختلف توربولانس..... ۹۰
- شکل ۶-۹ نتایج عددی و تجربی فشار استاتیک در خروجی گرم و سرد بر حسب نسبت جرمی در خروجی سرد... ۹۱
- شکل ۶-۱۰ جدایش دمایی به دست آمده از مدل CFD و تجربی برای گاز گرم..... ۹۲
- شکل ۶-۱۱ جدایش دمایی به دست آمده از مدل CFD و تجربی برای گاز سرد..... ۹۲
- شکل ۶-۱۲ نرخ جدایش انرژی گاز گرم و سرد بر حسب کسر جرمی سرد..... ۹۳
- شکل ۶-۱۳ خطوط جریان در مختصات $r-x$ در کسر های جرمی سرد مختلف..... ۹۴
- شکل ۶-۱۴ تغییرات سرعت محوری در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف..... ۹۵
- شکل ۶-۱۵ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف..... ۹۶
- شکل ۶-۱۶ تغییرات سرعت شعاعی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف..... ۹۷
- شکل ۶-۱۷ تغییرات سرعت محوی در جهت شعاعی در $x = 10\text{ mm}$ ۹۸
- شکل ۶-۱۸ تغییرات سرعت محوی در جهت شعاعی در $x = 40\text{ mm}$ ۹۸
- شکل ۶-۱۹ تغییرات سرعت محوی در جهت شعاعی در $x = 80\text{ mm}$ ۹۹
- شکل ۶-۲۰ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در $x = 10\text{ mm}$ ۹۹
- شکل ۶-۲۱ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در $x = 40\text{ mm}$ ۱۰۰
- شکل ۶-۲۲ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در $x = 80\text{ mm}$ ۱۰۰
- شکل ۶-۲۳ نمودار بردارهای سرعت جریان در ورتکس تیوب..... ۱۰۰
- شکل ۶-۲۴ تغییرات فشار استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف..... ۱۰۱
- شکل ۶-۲۵ تغییرات فشار کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف..... ۱۰۲

- شکل ۶-۲۶ کانتور تغییرات فشار استاتیک در کسر های جرمی سرد مختلف ۱۰۲
- شکل ۶-۲۷ کانتور تغییرات فشار کل در کسر های جرمی سرد مختلف : ۱۰۳
- شکل ۶-۲۸ تغییرات دمای استاتیک در جهت شعاعی برای کسر جرمی ۰/۲۸ در خروجی سرد ۱۰۴
- شکل ۶-۲۹ تغییرات دمای استاتیک در جهت شعاعی برای کسر جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد، ۱۰۴
- شکل ۶-۳۰ تغییرات دمای کل در جهت شعاعی برای کسر جرمی ۰/۲۸ در خروجی سرد، ۱۰۵
- شکل ۶-۳۱ تغییرات دمای کل در جهت شعاعی برای کسر جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد، ۱۰۵
- شکل ۶-۳۲ کانتور تغییرات دمای استاتیک در کسر های جرمی سرد مختلف: (الف) $\mathcal{E} = 0/22$ ، (ب) $\mathcal{E} = 0/4$ و ۱۰۶
- (پ) $\mathcal{E} = 0/8$ ۱۰۶
- شکل ۶-۳۳ کانتور تغییرات دمای کل در کسر های جرمی سرد مختلف: (الف) $\mathcal{E} = 0/22$ ، (ب) $\mathcal{E} = 0/4$ و (پ) ۱۰۶
- $\mathcal{E} = 0/8$ ۱۰۶
- شکل ۶-۳۴ دو خط جریان در نظر گرفته شده در ناحیه سرد و گرم که المان های سیال روی این خطوط جریان به سمت دو خروجی ورتکس تیوب پیشروی می کنند ۱۰۷
- شکل ۶-۳۵ پروفیل دمای المان هایی از سیال که به سمت خروجی گرم جریان می یابند ۱۰۷
- شکل ۶-۳۶ پروفیل دمای المان های سیال قبل و پس از برگشت جریان (در کسر جرمی سرد ۰/۸۱) ۱۰۷
- شکل ۶-۳۷ نمایی شماتیک از مدل محاسباتی سه بعدی ۱۰۸
- شکل ۶-۳۸ پروفیل شبکه ایجاد شده در مدل سه بعدی ۱۱۰
- شکل ۶-۳۹ جدایش دمایی به دست آمده از مدل سه بعدی و تجربی در خروجی سرد ۱۱۲
- شکل ۶-۴۰ جدایش دمایی به دست آمده از مدل سه بعدی و تجربی در خروجی گرم ۱۱۲
- شکل ۶-۴۱ نرخ جدایش انرژی در خروجی گرم و سرد بر حسب نسبت جرمی در خروجی سرد ۱۱۳
- شکل ۶-۴۲ خطوط مسیر برای المان هایی از سیال در ورودی ورتکس تیوب در نسبت جرمی ۰/۲۸ در خروجی سرد بر حسب دمای کل ۱۱۴
- شکل ۶-۴۳ خطوط مسیر برای المان هایی از سیال در ورودی ورتکس تیوب در نسبت جرمی ۰/۵ در خروجی سرد بر حسب دمای کل ۱۱۴
- شکل ۶-۴۴ خطوط مسیر برای المان هایی از سیال در ورودی ورتکس تیوب در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد بر حسب دمای کل ۱۱۴
- شکل ۶-۴۵ تغییرات سرعت محوری در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲ در خروجی سرد ۱۱۵
- شکل ۶-۴۶ تغییرات سرعت محوری در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵ در خروجی سرد ۱۱۶

شکل ۶-۴۷ تغییرات سرعت محوری در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱	
در خروجی سرد	۱۱۶.....
شکل ۶-۴۸ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲	
در خروجی سرد	۱۱۷.....
شکل ۶-۴۹ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵	
خروجی سرد	۱۱۸.....
شکل ۶-۵۰ تغییرات سرعت چرخشی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱	
در خروجی سرد	۱۱۸.....
شکل ۶-۵۱ تغییرات سرعت شعاعی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲	
خروجی سرد	۱۱۹.....
شکل ۶-۵۲ تغییرات سرعت شعاعی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵	
خروجی سرد	۱۱۹.....
شکل ۶-۵۳ تغییرات سرعت شعاعی در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱	
خروجی سرد	۱۲۰.....
شکل ۶-۵۴ تغییرات فشار استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲	
خروجی سرد	۱۲۰.....
شکل ۶-۵۵ تغییرات فشار استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵	
خروجی سرد	۱۲۱.....
شکل ۶-۵۶ تغییرات فشار استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱	
خروجی سرد	۱۲۱.....
شکل ۶-۵۷ تغییرات فشار کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲	
خروجی سرد	۱۲۲.....
شکل ۶-۵۸ تغییرات فشار کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵	
خروجی سرد	۱۲۲.....
شکل ۶-۵۹ تغییرات فشار کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱	
خروجی سرد	۱۲۳.....
شکل ۶-۶۰ تغییرات دمای استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲	
خروجی سرد	۱۲۴.....

شکل ۶-۶۱ تغییرات دمای استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵ در خروجی سرد	۱۲۴
شکل ۶-۶۲ تغییرات دمای استاتیک در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد	۱۲۵
شکل ۶-۶۳ تغییرات دمای کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۲۲ در خروجی سرد	۱۲۵
شکل ۶-۶۴ تغییرات دمای کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۵ در خروجی سرد	۱۲۶
شکل ۶-۶۵ تغییرات دمای کل در جهت شعاعی در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد	۱۲۶
شکل ۶-۶۶ کانتور تغییرات دمای کل در در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد	۱۲۷
شکل ۶-۶۷ کانتور تغییرات دمای استاتیک در در موقعیت های محوری مختلف در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد	۱۲۷
شکل ۶-۶۸ کانتور تغییرات دمای کل در در جهت محوری در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد	۱۲۸
شکل ۶-۶۹ کانتور تغییرات دمای استاتیک در جهت محوری در نسبت جرمی ۰/۸۱ در خروجی سرد	۱۲۸
شکل ۶-۷۰ تغییرات ضریب عملکرد ورتکس تیوب در نسبت های جرمی مختلف در خروجی سرد	۱۲۹
شکل ۶-۷۱ ضریب عملکرد ورتکس تیوب در نسبت های جرمی مختلف در خروجی سرد برای L/D های ۱۰ و ۲۰	۱۳۰
شکل ۶-۷۲ بازده آیزنتروپیک ورتکس تیوب	۱۳۱
شکل ۶-۷۳ بعنوان مثال شبکه بندی میدان حل در حالت وجود ۶ و ۲ نازل همگرا	۱۳۲
شکل ۶-۷۴ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای یک نازل ماریچ	۱۳۳
شکل ۶-۷۵ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای دو نازل مستقیم	۱۳۳
شکل ۶-۷۶ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای دو نازل همگرا	۱۳۳
شکل ۶-۷۷ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای سه نازل مستقیم	۱۳۴
شکل ۶-۷۸ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای سه نازل همگرا	۱۳۴
شکل ۶-۷۹ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای شش نازل مستقیم	۱۳۴
شکل ۶-۸۰ الگوی چرخش در ناحیه ورودی برای شش نازل همگرا	۱۳۵
شکل ۶-۸۱ الگوی جریان داخل ورتکس تیوب به ازای اندازه های مختلف دریچه خروجی سرد	۱۳۶

شکل ۶-۸۲ تغییرات دمای گاز خروجی سرد در نسبت های جرمی مختلف در خروجی سرد و با مقادیر مختلف قطر خروجی سرد.....	۱۳۷
شکل ۶-۸۳ تغییرات دمای گاز خروجی گرم در نسبت های جرمی مختلف در خروجی سرد و با مقادیر مختلف قطر خروجی سرد.....	۱۳۸
شکل ۶-۸۴-تفکیک دمایی گاز با L/D های متفاوت در نسبت های جرمی مختلف در خروجی سرد.....	۱۳۹

فهرست جداول

جدول ۶-۱ ابعاد هندسه ورتکس تیوب.....	۸۳
جدول ۶-۲ تاثیر تعداد المانها بر جدایش دما.....	۸۸
جدول ۶-۳ مقایسه تاثیر پروفیل های نازل بر جدایش دمایی.....	۱۳۵

چکیده

ورتکس تیوب دستگاهی است ساده بدون قطعات متحرک برای تولید هوای گرم و سرد (زمانی که هوای متراکم از طریق نازل های ورودی به صورت مماسی به محفظه چرخش دستگاه تزریق می شود). ورتکس تیوب ها در صنعت معمولاً به منظور خنک کاری ماشین آلات در طی عملیاتی همچون ریخته گری، تراشکاری و لحیم کاری و همچنین تامین هوای خنک برای کارگران و ... مورد استفاده قرار می گیرد. ورتکس تیوب ها به علت قابلیت اطمینان آنها (به علت نداشتن قسمت های متحرک)، سادگی ساخت، ارزان بودن و عدم نیاز به نگهداری زیاد، مورد پسند قرار گرفته اند.

این وسیله شامل یک لوله مدور ساده با یک یا چند نازل مماسی برای تزریق جریان و دو خروجی برای تخلیه جریان می باشد. هوا در فشار بالا به صورت مماسی از یک انتهای دستگاه به لوله ورتکس تیوب وارد شده و بعلاوه انبساط در نازل به سرعت زاویه ای بالایی می رسد که سبب ایجاد یک جریان گردبادی بالا در ورتکس تیوب می شود. همانطور که اشاره شد دو خروجی برای تخلیه جریان وجود دارد: خروجی گرم که در شعاع بیرونی لوله و در طرف مقابل جریان ورودی ورتکس تیوب قرار دارد در حالیکه خروجی سرد در انتهایی که نازل ورودی قرار دارند در مرکز لوله دستگاه تعبیه می شود. گاز ورودی به دو جریان با دماهای بالا و پایین نسبت به جریان ورودی تفکیک می شود. این پدیده بعلاوه جدایش دمایی می باشد که اولین بار توسط رنکیو گزارش شده است.

در پایان نامه حاضر پدیده جدایش دما و تغییرات فشار و دما و سرعت جریان در یک ورتکس تیوب با جریان مخالف با روش های CFD بر اساس داده های تجربی موجود مدل سازی شده است. دو مدل دینامیک سیالاتی برای مدل سازی مساله تحت بررسی قرار گرفته است: یک مدل دو بعدی چرخشی با تقارن محوری و یک مدل سه بعدی که مدل سازی بر اساس یک مدل توربولانس مناسب انجام شده است. جدایش دمایی بدست آمده از این مدل سازی در شرایط کاری یکسان تطابق قابل قبولی با نتایج تجربی دارد. که مطالعه دینامیک سیالاتی مساله را به سمت بهینه سازی ورتکس تیوب سوق می دهد. تعداد نازل ها و بکارگیری پروفیل های مختلف نازل با استفاده از تحلیل CFD بررسی می گردد. پارامتر های بهینه ای در جهت کسب ماکزیمم دمای گاز گرم و مینیمم دمای گاز سرد برای قطر خروجی سرد و نسبت طول به قطر ورتکس تیوب ارائه می شود و ضریب عملکرد سیستم ورتکس تیوب به صورت یک پمپ حرارتی و یک سیستم خنک کن محاسبه می گردد.

فصل اول

مقدمه و ساختار پایان نامه

۱-۱ مقدمه

ورتنکس تیوب در سال ۱۹۲۸ میلادی به طور اتفاقی توسط یک دانشجوی فرانسوی فیزیک کشف شد. جورج رنکیو (George Ranque) هنگام آزمایش بر روی پمپ های گردبادی^۱ متوجه شد که هوای گرم از یک طرف و هوای سرد از طرف دیگر خارج می شود. جورج آزمایش بر روی پمپ را فراموش و کار بر روی این دستگاه عجیب را برای بهره برداری اقتصادی از آن که بدون قطعه ای متحرک، هوای گرم و سرد تولید می کند، شروع کرد. وی به زودی شکست خورد و ورتنکس تیوب در هاله ای از ابهام باقی ماند تا اینکه در سال ۱۹۴۵، رادلف هیلش (Rudolph Hilsh) فیزیکدان آلمانی با ارائه مقاله ای، مطالعه در زمینه ورتنکس تیوب را آغاز کرد. با توجه به اینکه این دستگاه برای اولین بار توسط رنکیو و هیلش کشف شد. به یاد کشف آنها این دستگاه به ورتنکس تیوب رنکیو^۲ یا ورتنکس تیوب هیلش^۳ و یا ورتنکس تیوب رنکیو- هیلش^۴ مشهور است [۲۱].

ورتنکس تیوب با استفاده از هوای فشرده، بدون نیاز به انرژی الکتریکی و با وجود قطعات متحرک و سیال مبرد، دو

^۱ Vortex-Type Pumps

^۲ RVT

^۳ HVT

^۴ RHVT

جریان هوای سرد و گرم ایجاد می کند که بسته به نیاز می توان از هر یک از این جریان ها استفاده کرد، ولی کاربرد اصلی ورتکس تیوب در تبرید و خنک کاری می باشد.

۲-۱ اجزا دستگاه

ورتکس تیوب دارای مکانیزم ساده ای می باشد و مهمترین نکته در مورد ورتکس تیوب، عدم وجود قطعات متحرک در داخل دستگاه است. شکل (۱-۱) کلیه قطعات موجود در یک ورتکس تیوب را نشان می دهد.

اجزای دستگاه عبارتند از

۱- شیر تنظیم (دریچه خروجی هوای گرم)

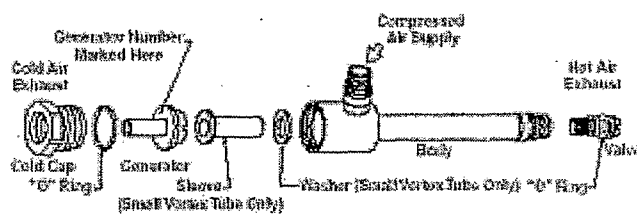
۲- بدنه لوله

۳- یک یا چند نازل ورودی

۴- محفظه چرخش^۱

۵- اورینگ^۲ یا واشرهای حلقوی

۶- خروجی هوای سرد



شکل (۱-۱): نقشه انفجاری ورتکس تیوب

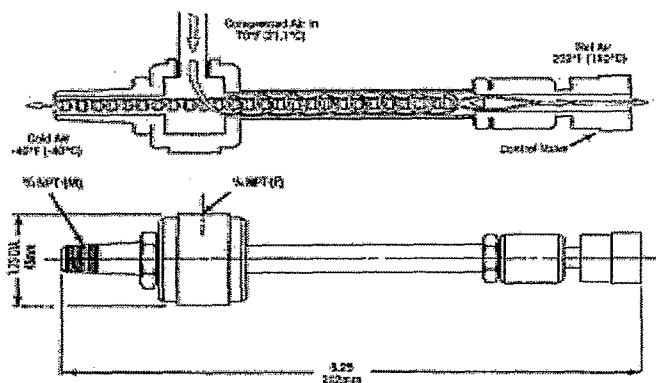
۳-۱ مزایا و معایب

از آنجایی که در مراکز صنعتی و کارخانجات، خط هوای فشرده موجود می باشد و از طرفی چون ورتکس تیوب ها به عامل محرک دیگری به جز هوای متراکم نیاز ندارند. لذا بزرگترین مزیت ورتکس تیوب ها عدم نیاز به انرژی

^۱ Vortex chamber
^۲ O ring

حرارتی، الکتریکی و مکانیکی یا فرایند شیمیایی می باشد. کوچک بودن، سبک و کم حجم بودن، تعمیر و نگهداری آسان، هزینه ساخت پایین، تولید هوای سرد فوری، دوام بالا (زیرا از استیل ضد زنگ ساخته می شود و دارای محیط کاری تمیز می باشد) امکان تنظیم هوای سرد و گرم، قیمت ارزان، نداشتن قسمت متحرک نیز همگی از مزایای ورتکس تیوب به شمار می روند. همچنین هوا در این دستگاه به عنوان یک مبرد بدون آلاینده‌گی های زیست محیطی محسوب می شود [۴۳].

از طرف دیگر پایین بودن راندمان تبرید، نیاز به هوای فشرده و آلودگی صوتی از معایب ورتکس تیوب به شمار می آید و ممکن است کاربرد ورتکس تیوب را محدود سازند. شکل (۲-۱) طرح یک ورتکس تیوب شرکت EXAIR را نشان می دهد. این شکل علاوه بر به تصویر کشیدن عملکرد ورتکس تیوب، ابعاد کلی دستگاه (کوچک بودن دستگاه) را هم نشان می دهد.



شکل (۲-۱): یک نمونه از ورتکس تیوب ساخت شرکت EXAIR

۴-۱ کاربردها

هرگاه تراکم، قابلیت اطمینان و قیمت پایین فاکتور های اساسی انتخاب دستگاه باشند و بازده و کارایی سیستم اهمیت کمتری داشته باشد، ورتکس تیوب یک وسیله خوب برای گرمایش و سرمایش گاز، تمیز کردن گاز، خنک کردن گاز و تفکیک گازهای مخلوط، کاربرد های DNA، مایع سازی گاز طبیعی و مقاصد دیگر می باشد [۳ و ۵-۷]. ورتکس تیوب ها اکثراً در زمینه های تبرید و خنک کاری بکار می روند و معمولاً در مواردی که به خنک کاری و سرد کاری در حجم کمی مورد نیاز باشد و از طرف دیگر موقعیت مورد نظر به لحاظ فیزیکی، پیچیده و غیر قابل دسترسی