٤١١٢٨

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۱۳۸۱ /۴/ ۲۶

طراحی تونل باد فراصوت تخلیه ای متناوب

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ، گرایش تبدیل انرژی

حسن پیرنجم الدین

استاد راهنما

دکتر احمد رضا پیشه ور اصفهانی

۱۳۸۰

٤١١٢٨

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تبدیل انرژی آقای حسن پیرنجم الدین

تحت عنوان

طراحی تونل باد فراصوت تخلیه ای متناوب

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت .

۱-استاد راهنمای پایان نامه دکتر احمد رضا پیشه ور اصفهانی

۲-استاد مشاور پایان نامه دکتر ابراهیم شیرانی

۳-استاد مشاور پایان نامه دکتر محمد سعید سعیدی

٤-استاد داور دکتر احمد رضا عظیمیان

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر احمد رضا عظیمیان

از زحمات فراوان استاد عزیزم جناب آقای دکتر پیشه ور و همچنین کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق با اینجانب همکاری نمودند صمیمانه تشکر می نمایم . بجاست که از زحمات جناب آقای دکتر حجازی ، رئیس دانشکده هوا ـ فضای دانشگاه مالک اشتر ، و همکارانشان که امکان بازدیدهای مکرر اینجانب از آزمایشگاه آئرودینامیک و تونلهای باد آن را فراهم کردند کمال تشکر را بنمایم . امید است که این پایان نامه بتواند قدمی هر چند کوچک در راه طراحی تونلهای باد فرا صوت که از ملزومات علم آئرودینامیک می باشد ، بردارد .

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات ، ابتکارات
و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است .

بیاد برادرم علی

تقدیم به :

خانوادهٔ عزیزم بخصوص پدر زحمتکشم ، مادر دلسوزم و
همسر صبورم

سازمان اطلاعات و امنیت کشور
قسمت مرکزی

فهرست مطالب

فهرست مطالب ..... هفت

چکیده ۱

فصل اول : مقدمه

۱-۱- کلیات ۲

۱-۲- اصول عملکرد تونلهای باد ۳

۱-۳- روند بیان مطالب و محتوای فصول بعدی ٤

فصل دوم : تئوری تونلهای باد فراصوت

۲-۱- انواع تونل باد وموارد استفادهٔ آنها ۵

۲-۲- جریان ائده ال در تونل باد فراصوت ۹

۲-۳- جریان واقعی در تونل باد فراصوت ۱۳

۲-٤- استارت تونل با وجود یک مدل در قسمت آزمایش ۱٦

فصل سوم : روش مشخصه ها

۳-۱- مقدمه ۱۸

۳-۲- نظریهٔ مشخصه ها ۱۹

۳-۳- روش محاسبه ۲۸

۳-٤- روش محاسباتی ـ روش ناحیه به ناحیه ـ ۳۱

فصل چهارم : طراحی نازل فراصوت

٤-۱- طراحی نازل فراصوت ۳٤

٤-۲- رفتار لایه مرزی نازل ۳۹

٤-۳- تقطیر : نیاز به خشک کردن ٤۲

٤-٤- میعان : نیاز به گرمایش ٤۸

٤-۵- کالیبره کردن یک تونل باد ۵۲

٤-٦- کیفیتهای جریان مطلوب ۵۲

٤-۷ – اثرات خطاها در اندازه گیری ۵۳

فصل پنجم : طراحی تونلهای تخلیه ای متناوب

۵-۱- کلیات ٥٤
۵-۲- طراحی تونلهای تخلیه ای متناوب ٥٥
۵-۳ - ایجاد فشار کاربری مجاز حداقل ٥٥
۵-٤ - تعیین اندازهٔ تونلها ٥٦
۵-٥ - تعیین زمان اجرا ٥٧
۵-٦ - محاسبه میزان هوای مورد نیاز ٥٨
۵-۷ - محاسبه زمانهای اجرا ٦٠
۵-۸ - مشخص کردن تواتر رانها ٦٣
۵-۹ - کمپرسورها و زمان پمپاژ ٦٣
۵-۱۰ - سرد کننده های ثانویه ٦٧
۵-۱۱ - فیلترهای روغن ٦٩
۵-۱۲ - خشک کن های هوا ۷۰
۵-۱۳ - شیرهای پس فشار ۷٤
۵-۱٤ - مخازن ذخیرهٔ هوا ۷٥
۵-۱٥ - تنظیم کننده های فشار ۷۹
۵-۱٦ - لوله کشی و شیرها ۸۰
۵-۱۷ - پخش کننده های با زاویهٔ باز ۸۳
۵-۱۸ - محفظهٔ سکون ۸٤
۵-۱۹ - نازلها ۸۷
۵-۲۰ - قسمت آزمایش ۸۸
۵-۲۱ - پنجره ها ۹۲
۵-۲۲ - سیستمهای نگهدارندهٔ مدل ۹٦
۵-۲۳ - پخش کننده ها ۱۰۱
۵-۲٤ - صدا خفه کن ها ۱۰۲
۵-۲٥ - تزریق کننده ها و افشانکها ۱۰۳
۵-۲٦ - ایمنی و مصونیت از خطا و عیب ۱۰۸
۵-۲۷ - خلاصه ای از تونل تخلیه ای ۱۰۸

فصل ششم : فعالیتهای انجام شده

٦-۱- مقدمه ۱۱۱
٦-۲- طراحی اولیه ۱۱۱

٦-٣- برنامه شبکه ساز ١٢٤
٦-٤ - بررسی نتایج بدست آمده از اجراهای مختلف ١٢٨
٦-٥ - بررسی زاویه جریان با امتداد افق در قسمت آزمایش ١٥١
٦-٦ - جمع بندی ١٥٢
٦-٦ - نقشه نهایی قسمتهای مهم تونل بهمراه ابعاد آنها ١٥۴

پیوستها ١٥٥
مراجع ١٦٩

چکیده

با احساس نیاز به تونلهای باد آزمایشگاهی در رژیم سرعت بالا ، طراحی یک تونل باد فراصوت تشخیص داده شد . منظور از این پایان نامه ارائه یک مرجع عملی برای طراحی تونلهای باد فراصوت می باشد . این پایان نامه ابتدا به بررسی انواع تونلهای باد فراصوت پرداخته و آنها را با هم مقایسه کرده است . در گام بعدی به روشهای طراحی نازلـهای فراصوت توجه می شود .همچنین نحوهٔ طراحی تونلهای باد فراصوت تخلیه ای متناوب به تفصیل مورد بررسی قرار می گیرد .در این بخش بیشتر به طراحی نازلی که بتواند جریان یکنواخت با ماخ دلخواه را در قسمت آزمایش ایجاد نماید ، توجه شده است . در پایان نیز یک نمونه عملی از طراحی تونل باد فراصوت تخلیه ای متناوب انجام می شود . طراحی انجام شده نهایتاً بکمک یک کد رایانه ای بهینه می گردد . نتیجه نهایی یک تونل باد تخلیه ای متناوب با عدد ماخ سه در قسمت آزمایش وزمان اجرای حدود بیست وچهار ثانیه می باشد که زمان اجرا از یک و نیم ثانیه پس از استارت تونل شروع می شود .

فصل اول
مقدمه

۱-۱ کلیات

تکنیکهای انـدازه گیـری آئرودینـامیک و تئوری آئرودینـامیک بـه طـور همزمـان پیشـرفت کـرده انـد . پیوستگی این دو در کارهای جاکووسکی[1] و کاپلیگن[2] که بنیانگذار تئوری آئرودینامیک پیشـرفته و مؤسـس آزمایشگاهای آئرودینامیک اتحادیه جماهیر شوروی[3] بوده اند به وضوح دیده می شوند . اگرچه ارتبـاط بیـن مبانی نظری و تجربه ، همزمان با پیشرفت آئرودینامیک ، تغییر کرده است ولـی همیشـه داده هـای تجربـی در پیشرفت تئوری موثر بوده است .

توسعه مکانیک سیالات ، مشاهدات و مطالعات پدیده های فیزیکی که پایهٔ تئوری را تشـکیل مـی دهنـد، را در بر گرفته است . آئرودینامیک تجربی برای چک کردن تئوری بوجود آمده به کار گرفته مـی شـود . از طرف دیگر ، رشد مبانی نظری ، به صورت بسیار زیادی بر تکنیکهای تجربی و تجـهیزات انـدازه گیـری اثـر گذاشته است .

وقتی که هواپیما به وجود آمد ، مطالعات آئرودینامیک متوجه افزایش سـرعت آنـها شـد . همزمـان بـا آن تجهیزات وتکنیکهایی برای تحقیقات و اندازه گیریهای تجری نیز گسترش یـافت . نـوع نصـب و تکنیکـهای استفاده شده ، بستگی به سرعت هواپیما دارد. این سرعت در پنج محدودهٔ بـه صـورت زیرتعریـف مـی شـود.

---

[1]- N.E.Joukowski

[2]- S.A. Chaplygin

[3]- Soviet Union

۱- سرعتهای زیر صوت پائین[1] (جریان تراکم ناپذیر)

۲- سرعتهای زیر صوت بالا[2] (جریان تراکم پذیر زیر صوت)

۳- جریان نزدیک به صوت[3]

٤- سرعتهای فراصوت[4]

٥- سرعتهای بسیار بالاتر از صوت[5]

محدوده سرعتی که در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته سرعتهای فراصوت می باشد . بیشتر تونلهای باد نیز بر ای این محدودهٔ سرعت ساخته می شوند . توان لازم برای این تونلها ممکن است ده ها و یا صد ها مگاوات باشد . تکنیکهای اندازه گیری برای سرعتهای پائین تر پیشرفت کرده است که دقت خوبی نیز دارند ولی استفاده از تکنیکهای نوری برای اندازه گیری سرعتهای فراصوت ، اهمیت بیشتری دارند .

۱-۲ اصول عملکرد تونلهای باد

اثرات هوا بر روی یک جسم در حال حرکت را می توان به وسیله به سرعت رساندن جسم در هوای ساکن یا به سرعت رساندن یک جسم در هوای ساکن ، مطالعه کرد . بیشتر مسائل آئرودینامیک تجربی به مطالعه حرکت جسم در سیال ساکن مربوط می شود (مسئله مستقیم[6]) . ولی ما می توانیم مسئله را برعکس کرده و حرکت سیال بر روی جسم ساکن را بررسی و مورد مطالعه قرار دهیم (مسئله معکوس[7]) . وقتی شرایط حرکت عکس شود ، کاملاً باید دقت کرد که همه فرضیات در نظر گرفته شده ، از قوانین جریان سیال حول یک جسم کاملاً پیروی کنند . [۱]

---

[1]- Low Subsonic Speeds

[2]- High Subsonic Speeds

[3]- Transonic Speeds

[4]- Supersonic Speeds

[5]- Hypersonic Speeds

[6]- direct problem

[7]- inverse problem

۱-۳ روند بیان مطالب و محتوای فصول بعدی

در این پایان نامه ترتیب بیان مطالب به صورت زیر در نظر گرفته شده است .

ابتدا در فصل دوم به بررسی انواع تونلهای باد پرداخته و معایب و مزایا و همچنین موارد کاربرد هر یک را مقایسه کرده ایم . خلاصه ای نیز از جریان ایده ال در تونل باد فراصوت بیان شده است که به بررسی حرکت یک موج در قسمت آزمایش تونل می پردازد . بعد از آن جریان واقعی در تونل بررسی شده است .

فصل سوم این پایان نامه به بررسی روش مشخصه‌ها می پردازد که از جمله روشهای عمدهٔ مهم در طراحی نازل های فراصوت می باشد . در این فصل خلاصه ای از تئوری روش مشخصه ها بیان شده و در ادامه روشی آسان برای طراحی نازل آمده است .

در فصل چهارم به طراحی نازل فراصوت پرداخته شده که شامل طراحی قسمت زیر صوت و فراصوت نازل فراصوت می باشد . در طراحی قسمت فراصوت مواردی باید رعایت شود که تا حد امکان آورده شده است . این فصل و فصلهای دوم و سوم ، فصلهایی در باب طراحی تونلهای فراصوت می باشند . همچنین شامل مواردی است که باید در تمام انواع تونلهای باد فراصوت رعایت شود .

فصل پنجم به طراحی تونل باد تخلیه ای که مد نظر ما است ، می پردازد . در این فصل تقریباً کلیهٔ تجهیزات و پارامترهایی که باید برای یک تونل باد تخلیهٔ ای فراصوت در نظر گرفت ، معرفی شده و به طور خلاصه مورد بحث قرار گرفته است .

در فصل ششم نیز فعالیتهای انجام شده در راستای طراحی یک تونل باد فراصوت تخلیه ای با ماخ ۳ در قسمت آزمایش ، شرح داده شده است . در ضمن نتایج بدست آمده از این فعالیتها در نمودارهای مربوط مرور می گردد .

فصل دوم
تئوری تونلهای باد فرا صوت

۲-۱ انواع تونل باد و موارد استفاده آنها

تونلهای باد وسایلی هستند که هوا در آنها تحت شرایط کنترل شده ای جریان می یابد تا در آنها موارد کاربردی از مهندسی فضا نوردی را بتوان آزمایش کرد. تونلهای باد سرعت بالا، بر اساس اثرات تراکم پذیر کار میکنند. پارامتری که تراکم پذیری را مشخص می کند عدد ماخ (نسبت سرعت جسم به سرعت صوت در اطراف جسم) می باشد. حد پایین برای مشخص کردن رژیم سرعت بالا ممکن است جایی در نظر گرفته شود که عدد ماخ تخمینی ۰/۵ یا حدود ۳۸۰ (مایل بر ساعت) برای شرایط استاندارد باشد .

قدرت راه اندازی یک تونل باد سرعت پایین با توان سوم سرعت در تونل باد تغییر می کند.گرچه این قانون در رژیم سرعت بالا (فرا صوت) حفظ نمی شود ، اما نشان دهنده افزایش سریع قدرت مورد نیاز با افزایش سرعت آزمایش می باشد .

به خاطر قدرت بالای مورد نیاز ، تونلهای باد فرا صوت از نوع تناوبی[1] هستند ، که در آنها انرژی به صورتهای فشار، خلاء و یا هر دو ذخیره می شود ، و تونل به ازاء هر ساعت عمل پمپاژ فقط چند ثانیه راه اندازی می شود. بر خلاف تونلهای پیوسته[2] که تمام رنجهای سرعت را شامل می شوند ، تونلهای تناوبی تخلیه ای[3] و مکشی[4] معمولا برای عداد ماخ از۰/. تا ۵ و تونلهای فشار – خلاء تناوبی[1] برای اعداد ماخ بالاتر از ۵ به کار برده می شوند .

---

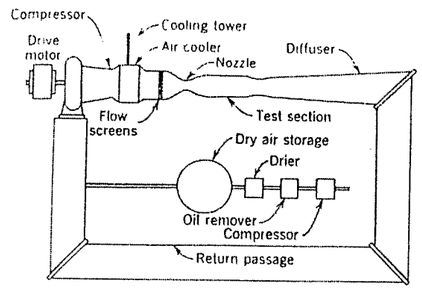
[1] - Intermittent tunnel

[2] - continuos tunnel

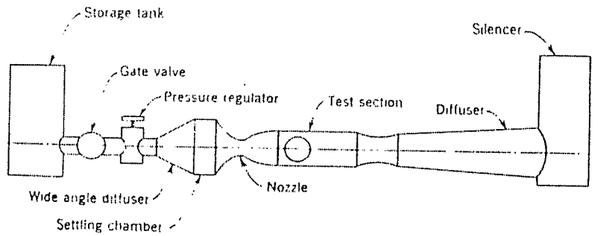
[3] - Intermittent blowdown tunnel

[4] - Intermittent indraft tunnel or atmospheric inlet wind tunnel

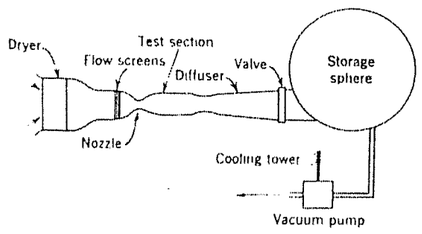
تصاویر شماتیکی از تونل پیوسته وسه نوع تونـل تنـاوبی در شکلهای (۲-۱) ، (۲-۲) ، (۲ -۳) و (۲-٤) نشان داده شده است .



شکل (۲-۱) شمایی از یک تونل باد فراصوت مدار بسته با جریان پیوسته [۲]



شکل (۲-۲) شمایی از یک تونل باد فراصوت تخلیه‌ای متناوب [۲]



شکل (۲-۳) شمایی از یک تونل باد فراصوت مکشی متناوب [۲]

---

[1] - Intermittent pressure – vacum tunnel