دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی ـ بخش مهندس مکانیک - تبدیل انرژی

پایان نامه کارشناسی ارشد

طراحی بهینه پروفیل شیپوره در پیش برنده‌ها

توسط:

استاد راهنما:

استاد مشاور:

چکیده

اصل اساسی حرکت موشک‌ها و فضاپیماها، نیروی رانش ایجاد شده ناشی از خروج گازهای داغ با سرعت بالای صوت می‌باشد و در این میان شیپوره‌ها نقش بسیار مهمی را بر عهده دارند.

در این تحقیق یکی از روشهای مهم طراحی شیپوره و بهینه سازی آن ارائه شده است. در این تحقیق در ابتدا معادلات حاکم بر جریان ذکر شده و سپس با توجه به اینکه این معادلات از نوع هذلولوی می‌باشند آنها را به صورت معادلات سازگاری معتبر بر روی خطوط مشخصه ارائه می‌نماییم. سپس به معرفی روشی برای بهینه کردن کانتور شیپوره با استفاده از حساب تغییرات می‌پردازیم که این بهینه کردن در راستای حداکثر کردن نیروی رانش ایجاد شده توسط شیپوره می‌باشد. دراین روش نیروی رانش ایجاد شده توسط شیپوره را با در نظرگرفتن یک قید ایزوپریمتریک حداکثر می‌نماییم که این قید می‌تواند طول ثابت، طول قوس ثابت، سطح جانبی ثابت و بسیاری از قیود مهندسی دیگر باشد.

از مزایای بسیار مهم این روش آن است که در آن می‌توان اثرات اتلافی مانند تجزیه شیمیایی، اصطکاک و لایه مرزی را در نظر گرفت.

این گزارش به خوبی نشان می‌دهد که روش یاد شده روش مناسبی برای تحلیل جریان در شیپوره و طراحی آن می‌باشد. خاطر نشان می‌گردد که استفاده از روشهایی مشابه روش یاد شده فوق فقط با استفاده از کامپیوترهای سریع امروزه میسر است .

واژگان کلیدی: شیپوره، رانش، حساب تغییرات

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه‌ای بر دینامیک گازها و معادلات حاکم بر آن

۱-۱)مقدمه ۲

۱-۲)جریان های یک بعدی ۲

۱-۳)جریان غیر لزج ،آدیاباتیک، چند بعدی و پایدار برای یک سیال تراکم‌پذیر و معادلات حاکم بر آن ۳

۱-۴)دستگاه مختصات عمود بر هم یا دکارتی ۵

۱-۵)دستگاه مختصات استوانه ای ۶

۱-۶)جریان های دو بعدی صفحه ای یا با تقارن محوری ۷

فصل دوم : روش مشخصه‌ها و حساب تغییرات

۲-۱)مقدمه ۱۱

۲-۲)تحلیل جریان ۱۲

۲-۳)فرمولاسیون مسئله بهینه سازی ۱۴

۲-۴) تغییرات در خواص گاز ۱۶

۲-۵) تئوری عمومی مشخصه ها ۲۴

۲-۶) بدست آوردن معادلات مشخصه و سازگاری ۲۵

۲-۷)معادلات سازگاری بر روی خطوط جریان ۲۹

۲-۸)معادلات سازگاری بر روی خطوط ماخ ۳۰

۲-۹)خلاصه‌ای از معادلات سازگاری بدست آمده ۳۳

۲-۱۰)معادلات سازگاری بصورت متعارف‌تر ۳۳

۲-۱۱)تغییرات در کانتور و نقطه انتهائی شیپوره ۳۴

۲-۱۲)مثال هائی از تابع عمومی ایزوپریمتریک ۳۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل سوم : تعیین خط صوتی و خط مقدار اولیه

۳-۱) مقدمه ۴۰

۳-۲) میدان جریان در ناحیه گلوگاه ۴۰

۳-۳) تعیین انحنای شیپوره ۴۴

۳-۴) خط مقدار اولیه ۴۷

۳-۵) بحث در مورد روش سائر ۴۸

۳-۶) تحلیل‌های تراصوتی دیگر برای شیپوره‌های همگرا - واگرا ۵۱

فصل چهارم : الگوریتم‌های حل برای یافتن میدان سرعت و تکثیر کن‌های لاگرانژ

۴-۱) مقدمه ۵۶

۴-۲) پیمایش مستقیم و معکوس ۵۶

۴-۳) معادلات تفاضل محدود و فرآیندهای واحد ۵۸

۴-۴) الگوریتم تصحیح و تخمین ۶۱

۴-۵) الگوریتم محاسباتی روش مشخصه‌ها ۶۲

۴-۶) تحلیل تراصوتی جریان درگلوگاه ۷۳

۴-۷) تعیین نقاط I,F (نقاط ابتدایی و انتهایی کانتور قسمت مافوق صوت) ۷۷

۴-۸) تحلیل جریان در قسمت مافوق صورت شیپوره (ناحیه R) ۷۸

۴-۹) یافتن مقادیر تکثیرکن‌های لاگرانژ درون میدان حل ۷۹

۴-۱۰) الگوریتم محاسباتی روشن مشخصه‌ها برای محاسبه تکثیرکن‌های لاگرانژ درون میدان حل R ۸۳

۴-۱۱) الگوریتم‌های محاسباتی ۸۵

۴-۱۲) روش آسودگی ۹۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل پنجم :تکنیک‌های عددی خاص بکار رفته در برنامه کامپیوتری

۵-۱) مقدمه ۹۷

۵-۲) استفاده از شبکه‌های غیر یکنواخت در میدان حل ۹۷

۵-۳) یکنواخت نمودن نقاط حل بدست آمده در روی یک خط حل ۹۸

۵-۴) جلوگیری از ایجاد ناپیوستگی شدید ناشی از پیمایش روی مرز جامد ۱۰۰

۵-۵) روش یافتن مکان هندسی منحنی مشخصه راست IK ۱۰۳

۵-۶) روش یافتن مکان هندسی منحنی مشخصه چپ خروجی FK ۱۰۴

۵-۷) یافتن شیب مناسب برای شیپوره ۱۰۶

فصل ششم : نتایج بدست آمده از نرم‌افزار تهیه شده و بحث درباره نتایج آن

۶-۱) مقدمه ۱۰۹

۶-۲) شیپوره با قید عمومی ایزوپریمتریک طول ثابت ۱۰۹

۶-۳) شیپوره با قید عمومی ایزوپریمتریک سطح جانبی ثابت ۱۱۲

۶-۴) شیپوره با قید عمومی ایزوپریمتریک طول قوس ثابت ۱۱۴

۶-۵) تحلیل جریان در شیپوره همگرا - واگرا ۱۱۶

۶-۶) مقایسه مقادیر مختلف h_1 در روی مرز جامد ۱۲۱

۶-۷) توسعه نرم افزار برای طرحهای آینده ۱۲۲

۶-۸) مقایسه شیپوره مورد استفاده در یک موشک واقعی و شیپوره طراحی شده از روش پیشنهادی ۱۲۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

ضمیمه A ۱۳۰
مراجع ۱۳۲
واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۳۴
واژه نامه فارسی به انگلیسی ۱۳۸

فهرست اشکال، تصاویر و نمودارها

عنوان **صفحه**

فصل اول

شکل (۱-۱): بردار سرعت در مختصات عمود بر هم یادکارتی ۵

شکل (۲-۱): بردار سرعت در مختصات استوانه‌ای. ۶

شکل (۳-۱): دستگاه مختصات دو بعدی . a: صفحه‌ای b: متقارن محوری. ۸

فصل دوم

شکل (۱-۲): هندسه شیپوره و میدان جریان. ۱۲

شکل (۲-۲): مشخصه‌ها در جریان دوبعدی، مافوق صوت و چرخشی. ۲۸

فصل سوم

شکل (۱-۳): هندسه گلوگاه شیپوره و سیستم مختصات برای آنالیز جریان گذرا..... ۴۱

شکل (۲-۳): مدل هندسی دیواره شیپوره. ۴۵

شکل (۳-۳): خط مقدار اولیه برای روش مشخصه‌ها. ۴۷

شکل (۴-۳): موقعیت خط صوتی در گلوگاه شیپوره (تحلیل سائر)..... ۴۹

شکل (۵-۳): موقعیت خطوط $v = 0$ در یک گلوگاه شیپوره (تحلیل سائر)..... ۵۰

شکل (۶-۳): توزیع عدد ماخ در روی خطوط $v = 0$ (تحلیل سائر)..... ۵۱

فصل چهارم

شکل (۱-۴): روش پیمایش مستقیم. ۵۷

شکل (۲-۴): روش پیمایش معکوس. ۵۷

شکل (۳-۴) : روشهای پیمایش مستقیم برای جریان چرخشی. ۵۹

شکل (۴-۴): روش پیمایش معکوس برای جریان چرخشی. ۶۰

شکل (۵-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه داخلی..... ۶۳

شکل (۶-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه دیواره مستقیم. ۶۸

شکل (۷-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه دیواره معکوس..... ۷۰

شکل (۸-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه واقع بر محور تقارن..... ۷۱

فهرست اشکال، تصاویر و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل (۹-۴): صورت کامل مسئله مقدار اولیه و مقدار مرزی..... ۷۴

شکل (۱۰-۴): کاربرد فرآیند واحد برای یک نقطه داخلی که از دو نقطه روی خط اولیه بدست می‌آید..... ۷۴

شکل (۱۱-۴): کاربرد فرآیند واحد برای یک نقطه محوری..... ۷۵

شکل (۱۲-۴): توسعه مسئله مقدار اولیه..... ۷۵

شکل (۱۳-۴): کاربرد فرآیند واحد برای نقطه دیواره معکوس..... ۷۶

شکل (۱۴-۴): توسعه میدان جریان بوسیله کانتور انبساطی اولیه..... ۷۶

شکل (۱۵-۴): هندسه شیپوره و نقاط مربوط به آن..... ۷۷

شکل (۱۶-۴): کاربرد فرآیند واحد نقطه دیواره مستقیم..... ۷۸

شکل (۱۷-۴): میدان کامل جریان که بوسیله کانتور شیپوره مشخص شده است..... ۷۹

شکل (۱۸-۴): شبکه مشخصه‌ها..... ۸۱

شکل (۱۹-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه واقع بر روی مشخصه چپ خروجی KF..... ۸۶

شکل (۲۰-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه داخلی..... ۸۸

شکل (۲۱-۴): فرآیند واحد برای یک نقطه روی کانتور شیپوره IF..... ۹۱

فصل پنجم

شکل (۱-۵): مشکل و ناپیوستگی ایجاد شده در مرز جامد..... ۹۸

شکل (۲-۵): ناپیوستگی ایجادشده در میدان حل..... ۹۹

شکل (۳-۵): ناپیوستگی ایجاد شده در مرز جامد..... ۱۰۱

شکل (۴-۵): یافتن مقدار پیمایش در روی مرز جامد در ناحیه گلوگاه..... ۱۰۲

شکل (۵-۵): یافتن مقدار پیمایش در روی مرز جامد در ناحیه مافوق صوت..... ۱۰۳

شکل (۶-۵): یافتن مکان هندسی منحنی مشخصه راست IK..... ۱۰۴

فهرست اشکال، تصاویر و نمودارها

عنوان **صفحه**

شکل (۷-۵): یافتن مکان هندسی منحنی مشخصه چپ خروجی FK ۱۰۵

فصل ششم

شکل (۱-۶): کانتور شیپوره بعد از بهینه سازی با قید ایزوپریمتریک طول ثابت ... ۱۱۱
شکل (۲-۶): رفتار تابع خطا برای بهینه سازی با قید عمومی ایزوپریمتریک طول ثابت. ۱۱۱
شکل (۳-۶): کانتور شیپوره بعد از بهینه سازی با قید ایزوپریمتریک سطح جانبی ثابت. ۱۱۳
شکل (۴-۶): رفتار تابع خطا برای بهینه سازی با قید عمومی ایزوپریمتریک سطح جانبی ثابت. ۱۱۳
شکل ۵-۶: کانتور شیپوره بعد از بهینه سازی با قید عمومی ایزوپریمتریک طول قوس ثابت. ۱۱۵
شکل ۶-۶: رفتار تابع خطا برای بهینه سازی با قید عمومی ایزوپریمتریک طول قوس ثابت. ۱۱۵
شکل (۷-۶): کانتور شیپوره مورد نظر برای تحلیل میدان جریان. ۱۱۸
شکل (۸-۶): توزیع فشار در ناحیه مافوق صوت شیپوره ۱۱۸
شکل (۹-۶): توزیع چگالی در ناحیه مافوق صوت شیپوره ۱۱۹
شکل (۱۰-۶): توزیع درجه حرات در ناحیه مافوق صوت شیپوره. ۱۱۹
شکل (۱۱-۶): تغییرات مؤلفه سرعت (u) در ناحیه مافوق صوت شیپوره. ۱۲۰
شکل (۱۲-۶): تغییرات مؤلفه سرعت (v) در ناحیه مافوق صوت شیپوره ۱۲۰
شکل (۱۳-۶): تغییرات h_1 برای قیود مختلف ایزوپریمتریک. ۱۲۱
شکل (۱۴-۶): مدل برای شیپوره با در نظرگرفتن لایه مرزی. ۱۲۳
شکل (۱۵-۶): مقایسه کانتور شیپوره واقعی و کانتور شیپوره طراحی شده ۱۲۷
شکل (۱۶-۶): تغییرات عدد ماخ و ضخامت لایه مرزی در یک شیپوره ۱۲۸

فهرست علائم :

a : سرعت صوت

B : نیروی جسمی

c_p :گرمای ویژه در فشار ثابت

c_1 : تکثیر کن لاگرانژ

c_2 : تکثر کن لاگرانژ

E : پارامتر خطا

F : نیروی رانش

G : قید عمومی ایزوپریمتریک

h : انتالپی

h_i : تکثیر کن‌های لاگرانژ (j=1-4)

L_j : عملکرد معادله دیفرانسیل نسبی

K : انحنای گلوگاه

M : عدد ماخ

P : فشار

P_0 : فشار محیط

Q : نرخ انتقال حرارت

R : ثابت گاز

s : انتروپی

S : انتگرال قید عمومی ایزوپریمتریک

t : زمان

T : درجه حرارت

u : مؤلفه سرعت در جهت x

v : مؤلفه سرعت در جهت y

w : سؤلفه سرعت در جهت z

V : سرعت

u', v' :مؤلفه‌های سرعت اغتشاشی بی‌بعد

$\dot{W}$: نرخ کار یا توان

x : مختصات در طول محور شیپوره

X_F یا X_c : مختصات x نقطه انتهایی شیپوره F

y : مختصات در جهت عمود بر محور شیپوره

α : زاویه ماخ

γ : نسبت گرماهای ویژه

δ : برای جریان صفحه ای ۰ و برای جریان متقارن محوری ۱

$\delta()$: اولین تغییر یک مقدار

$\eta(x)$:کانتور شیپور بهینه

θ : زاویه جریان

ϕ : تابع پتانسیل

ρ : چگالی

ρ_w : چگالی ماده دیواره شیپوره

$\sigma_w \delta$: تنش در ماده دیواره

λ : شیب مشخصه

σ_1-σ_8 : پارامترهای اختیاری

δ : ضخامت لایه مرزی

δ^* . ضخامت جابجایی

τ : تنش برشی در روی دیواره

زیر نویس

0 : مربوط به خط جریان

+ : مربوط به مشخصه چپ

- : مربوط به مشخصه راست

shear : برشی

t :گلوگاه

I : مربوط به نقطه I

F : مربوط به نقطه F

e : مربوط نقطه خروجی F