بسم الله الرحمن الرحيم

٤٩٢٤٨

۱۳۸۲ /۷/ ۲۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی مکانیک

احتراق در پلوم نازل ما فوق صوت

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

گرایش تبدیل انرژی

داوود کشاورزباحقیقت

۲۲۴۸

استاد راهنما

دکتر ابراهیم شیرانی

۱۳۸۲

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته تبدیل انرژی آقای داوود کشاورز با حقیقت

تحت عنوان

احتراق در پلوم نازل ما فوق صوت

در تاریخ ٤/ ۱۳۸۲/۳ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه	دکتر ابراهیم شیرانی
۲- استاد مشاور پایان نامه	دکتر محمود اشرفی زاده
۳-استاد داور	دکتر احمد صابونچی
٤- استاد داور	دکتر محسن دوازده امامی
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتراحمد رضا پیشه وراصفهانی

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که حمد مختص ذات اوست. خدا را شکرگزار هستم که به من توفیق داد تا این دوره را به پایان برسانم. بی شک گذارندن این دوره بدون همکاری و همراهی خانواده، اساتید، دوستان و همکاران ارجمندم امکانپذیر نبود لذا از خداوند متعال موفقیت و بهروزی این عزیزان را خواستارم.

لازم میدانم از زحمات بی دریغ خانوادهٔ عزیزم که در دوران تحصیل یار و مشوق بنده بوده اند تشکر و قدردانی کنم.

معلمان و اساتید تمام دوران تحصیلاتم حقی بزرگ بر من دارند که تا پایان عمر مرا وام دار این عزیزان میکند لذا از تمام عزیزانی که در طول این دوران از محضرشان بهرهمند شده ام سپاسگزاری میکنم.

از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر ابراهیم شیرانی که با رهنمودهایشان در طول انجام پایان نامه، همراه بنده بوده اند قدردانی میکنم. همچنین از استاد بزرگوار م جناب آقای دکتر محمود اشرفی زاده که در طول این دوره از نعمت مشاوره با ایشان بهره مند بوده ام تشکر و قدردانی می کنم.

از اساتید ارجمند، آقایان دکتر صابونچی ودکتر دوازده امامی که زحمت داوری این پایان نامه را تقبل نمودند متشکرم.

بر خود لازم میدانم از همکاری بیدریغ بخشهای مختلف دانشکده تشکر و سپاسگزاری نمایم.

در پایان از دوستان عزیزم که دوران خوبی را با آنها گذراندم آقایان مهدی رحمانی،فاضل امیری،جاوید کیارستمی،حسین امیر آبادی،رضا بهرام زاده،عباس بختیاری،سعید شعبان زاده،سعید صیاد،شهاب رحمتی،نوید ارجمند،مسعود رادمهر،نیما نصیری،مرتضی بیاره،عباس کامرانیان،محمد سیف اللهی،محسن پیرمحمدی،مسعود رمضانی ،حمید اسدی،پیام عبدالملکی و....تشکر و قدر دانی میکنم و برای همه آنها آرزوی موفقیت دارم.

داوود کشاورز

خرداد ماه۱۳۸۲

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعـــات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پـایـان نامه (رساله) متعلق به دانشگـــاه صنعتـــی اصفهان است.

تقدیم به یکایک اعضای خانواده ام

که همواره مشوق من بوده اند

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست نمادها ..... یازده

چکیده ۱

فصل اول:مقدمه

۱-۱. پلوم ۳

۱-۲. ساختار جریان ۴

۱-۳. مروری بر تحقیقات انجام شده ۸

۱-۴. موضوع این رساله ۱۲

فصل دوم:معادلات حاکم

۲-۱. بقا کلی جرم ۱۴

۲-۲. بقا ممنتم ۱۵

۲-۳. بقا انرژی ۱۵

۲-۴. بقا کمیتهای اسکالر ۱۵

۲-۵. بقا جرم ۱۵

۲-۶. بقا انتالپی ۱۶

۲-۷. شکل بقائی معادلات ۱۷

۲-۸. تغییرات ضریب لزجت و هدایت حرارتی مولکولی با دما ۱۹

فصل سوم:نحوه محاسبه چشمه معادله پیوستگی جرم نمونه های شیمیائی

۳-۱. معادلات حالت ۲۱

۳-۲. تبدیلات مول-جرم ۲۱

۳-۳. خواص ترموفیزیکی حالت استاندارد ۲۱

۳-۴. نرخ واکنشهای شیمیائی ۲۳

۳-۵. واکنش در حضور جسم سوم ۲۵

فصل چهارم:نحوه محاسبه توزیع دماوبرخی از خواص ترموفیزیکی مخلوط

۴-۱. توزیع دما ۲۶
۴-۲. محاسبه ضریب نفوذ در معادله پیوستگی ۲۷
۴-۳. بررسی تغییرات عدد پرانتل با دما ۲۸

فصل پنجم:روش عددی

۵-۱. گسسته سازی معادلات ۳۰
۵-۲. محاسبه شارها در جهت خطوط شبکه ۳۴
۵-۳. گام زمانی ۳۶
۵-۴. محاسبه کمیات در گره ها ۳۷
۵-۵. محاسبه کمیات هندسی ۳۷
۵-۶. روش تجزیه شار ۴۱
۵-۷. دقت مرتبه دوم و محدود کننده های شار ۴۶

فصل ششم:نحوه کار برنامه کامپیوتری

۶-۱. فلوچارت برنامه کامپیوتری ۴۹
۶-۲. توضیح زیر برنامه ها ۵۰

فصل هفتم:بررسی نتایج

۷-۱. تخلیه یک جت فرو منبسط در محیط ساکن در حالت غیر احتراقی ۵۶
۷-۲. حل جریان پیش مخلوط هیدروژن و هوای ما فوق صوت ۵۹
نتیجه گیری و پیشنهادات ۶۱
پیوست الف ۷۸

پیوست ب ۸۰
مراجع ۸۴

فهرست نمادها

M، عدد ماخ جریان

E، بردار شار در جهت X

F، بردار شار در جهت Y

H، بردار چشمه

M_ξ ، عدد ماخ در جهت خطوط ξ

M_η ، عدد ماخ در جهت خطوط η

pr، عدد پرانتل

E، انرژی

C، سرعت صوت

C_p ، ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت

C_V، ظرفیت گرمایی ویژه جسم ثابت

A، مساحت سلول

l، اندازه سلول

L، فاصله مراکز سلولها

n، بردار یکه عمود برسطح سلول

Q، انتقال گرما

Re، عدد رینولدز جریان

g، بردار شتاب ثقل زمین

A_{pi}، ضریب ثابت مدل آرینوس (preexponent) در واکنش i ام

$K_{f,i}$ ، ثابت رفت واکنش I ام

K_c، ثابت تعادل

$K_{b,i}$ ، ثابت برگشت واکنش I ام

h، انتالپی

h_f ، انتالپی تشکیل

Q، نسبت استویکیو متریک

D_{ij} ، ضریب نفوذ دوتایی

D_{im} ، ضریب نفوذ نمونه i ام نسبت به مخلوط

J_k ، ترم نفوذ جرم

$\dot{\Delta g_i}$ ،تابع گیبس تشکیل

Le ، عدد لوئیس

R_u، ثابت عمومی گازها

R_c، ثابت عمومی گازها

SC ، عدد اشمیت

q_i، نرخ پیشرفت واکنش i ام

W_k ، نرخ تولید ویا مصرف نمونه k ام

v' ، ضریب استویکومتریک طرف چپ واکنش شیمیایی

V'' ، ضریب استویکومتریک طرف راست واکنش

W_K , وزن مولکولی نمونهٔ شیمیایی K ام

$\overline{W}$, وزن مولکولی متوسط مخلوط

Y_k , نسبت جرمی نمونه شیمیایی k ام در مخلوط

x_k, نسبت مولی نمونه k ام در مخلوط

$[x_k]$, غلظت مولی نمونه k ام در مخلوط

γ، نسبت گرماهای ویژه

α_{ki} , ضریب تأثیر غلظت نمونهٔ شیمیایی k ام در واکنش i ام با حضور جسم سوم

u ، سرعت محوری

v ، سرعت شعاعی

τ، تنش برشی

ρ ، دانسیته

$\hat{A}$ ، ژاکوبین شار E

$\hat{B}$، ژاکوبین شار F

$\hat{C}$ ، ژاکوبین جمله چشم H

Γ، ضریب انتقال

Δt ، گام زمانی

$\tilde{U}$ ، مؤلفهٔ سرعت در جهت ξ

$\tilde{V}$، مؤلفهٔ سرعت در جهت η

x، مختصه اوّل یا محوری

y، مختصه دوّم یا شعاعی

R، شعاع

R، ضریب آسودگی

T، دما

t، زمان

$\forall$، حجم سلول

μ_l ، لزجت مولکولی

μ_t، لزجت تلاطمی

ξ و η، خطوط شبکه

K، ضریب هدایت حرارتی

φ، تابع محدود کننده فشار

τ_{ij}، تنش

زیرنویسها

C ، روی خط مرکزی (محور تقارن)

K ، نمونه شیمیایی K ام

ϕ، متغییر اسکالر

i ، واکنش iام

N ، گره n ام

J ، جت

l ، جریان آرام

T، سطح بالای سلول

R، سطح سمت راست سلول

∞، جریان خارجی (محیط)

Air، هوا

O، شرایط سکون

mix ، خواص مربوط به مخلوط

بالانویسها

($\overline{\quad}$) ، مقدار متوسط

($\overset{\circ}{\overline{\quad}}$) ، متوسط وزنی

$\wedge$ ، ژاکوبین شار

$^{\circ}$( )، مربوط به حالت استاندارد

چکیده

هدف این رساله بررسی وتحلیل احتراق در پلوم نازل ما فوق صوت می‌باشد. در این رساله یک کد کامپیوتری برای حل معادلات ناویراستوکس در دو حالت دو بعدی و متقارن محوری به همراه معادلات پیوستگی نمونه‌های جرمی می‌باشد. این کد برای حل جریان احتراقی در سرعت‌های بالا می‌باشد. نرخ احتراق برای سوخت در فاز گازی به طریق سینتیک شیمیایی[1] محاسبه می‌شود. در این روش با استفاده از مدل آرنیوس[2] و تغییرات انرژی آزاد گیبس ثابتهای رفت (پیشرو) و برگشت واکنش‌ها[3] بدست می‌آیند و نهایتاً نرخ پیشرفت هر واکنش تعیین و از آنجا نرخ تولید و یا مصرف کلیه نمونه‌های شیمیایی[4] در مجموعه واکنشها محاسبه می‌شوند.

از روش تجزیه شارون لییر[5] مبتنی بر یک روش حجم کنترل برای گسسته سازی معادلات استفاده شده و با دوروش صریح و ضمنی حل شده‌اند. برنامه کامپیوتری حاضر ازکدSharp به عنوان اسکلت اصلی استفاده کرده است . اطلاعات ترمودینامیکی کلیه نمونه‌ها از روی داده‌های Chemkin استفاده شده است.

جریانهای لایه اختلاط، جت مافوق صوت و جریانهای واکنشی شبیه‌سازی شده و نتایج با کارهای دیگران مقایسه شده است.

---

[1]- Chemical Kinetics

[2]- Arhenius model

[3]-Forward and reverse rate constants

[4]- chemical species

[5]- Van - leer

فصل اول

مقدمه

در بسیاری از وسایل وتجهیزات مهندسی، نیروگاهها، پالایشگاهها وکارخانجات صنعتی وهمچنین در بسیاری از پدیده‌های طبیعی، فرآیند انتقال حرارت و جرم، واکنشهای شیمیایی، با رژیمهای جریان آرام و یا مغشوش صورت می‌گیرد. در کوره‌ها، مبدلهای حرارتی، رآکتورهای شیمیایی، هواپیماها واتومبیل‌ها احتراق وتحولات شیمیایی به همراه انتقال حرارت وجرم وجریان سیال فرآیندهای اصلی هستند.

بررسی واطلاع از نحوه عمل این پدیده‌ها ما را در پیش‌گویی عملکرد وسایل وافزایش بازده آنها تواناتر می‌سازد که این بررسیها ممکن است به دو روش زیر صورت گیرد.

الف): آزمایشات وتحقیقات تجربی

خیلی از اطلاعات فیزیکی با انجام آزمایش روی وسایل واقعی صورت می‌گیرد ویا بر روی مدلهای کوچک انجام می‌شود. و سپس با استفاده از آنالیز ابعادی و تشابهات هندسی و دینامیکی نتایج را به نمونه‌های واقعی تعمیم می‌دهند. البته برای همه فرآیندها نمی‌توان از مدلهای کوچکتر سود جست به عنوان مثال در پدیده‌های جوشش یا احتراق امکان‌پذیر نیست همچنین گاهی مشکلات در ساخت مدلها، خطای دستگاههای اندازه‌گیری، هزینه بالا و مشکلات دیگر استفاده از این روش را بسیار مشکل ویا ناممکن می‌سازد.