

٤٨٩٤٩

۱۳۸۲ / ۵ / ۳۰



دانشگاه شهید باهنر کرمان  
دانشکده فنی  
بخش مهندسی مکانیک

مرکز اطلاعات آمار علمی ایران  
تهران

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

عنوان:

**محاسبه زمان مهلت اشتعال و شبیه سازی عددی احتراق  
گاز طبیعی در یک کوره استوانه‌ای**

مؤلف:

رضا صباغ

استاد راهنما:

دکتر سید حسین منصوری

آذر ۱۳۸۱

۴۸۹۴۹

باسمه تعالی

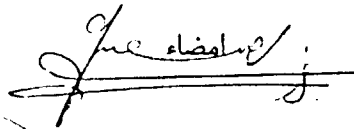
این پایان نامه

به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

بخش مکانیک

دانشکده فنی دانشگاه شهید باهنر کرمان

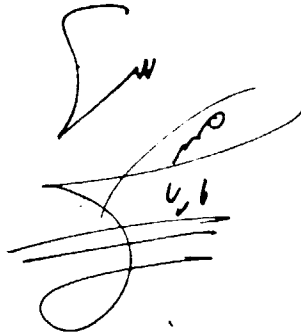
تسلیم شده و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.



دانشجو: آقای رضا صباغ



استاد راهنما: آقای دکتر سید حسین منصوری



داورا: آقای دکتر محمد رهنما

داورا: آقای دکتر مهران عامری مهابادی

---

حق چاپ محفوظ و مخصوص به مؤلف است.

تقدیم به روح ملکوتی حضرت امام خمینی (ره)

تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

همسر مهربانم

مادر بزرگ گرامیم

و

همه آنهایی که در زندگی یاریم کردند.

## تشکر و قدردانی

پس از شکر آفریدگار بزرگ که لطفش دائم بوده و هست، از راهنماییها و کمکهای جناب آقای دکتر سید حسین منصوری در زمان انجام این پروژه و در دوران تحصیل کارشناسی ارشد سپاسگزاری می‌نمایم. همچنین از همکاریهای خالصانه جناب آقای مهندس قنبرعلی شیخ زاده و از زحمات و یاریهای دوست گرامیم جناب آقای مهندس موسی جمالی هندری تشکر می‌کنم.

یاد استاد ارجمندم، مرحوم جناب آقای دکتر علی سینایی را گرامی می‌دارم و از زحمات همه اساتیدی که از محضرشان بهره برده‌ام، خصوصا جناب آقای دکتر مهرا ن عامری قدردانی می‌نمایم.

در پایان از تمامی کسانی که در این سالها پشتیبان من بوده اند، سپاسگزاری می‌کنم.

## چکیده

در این پژوهش زمان مهلت اشتعال برای سوخت گاز طبیعی (متان) در یک کوره استوانه ای با تقارن محوری پیش‌بینی شده و سپس مدل احتراق اعمال و اثر آن روی زمان مهلت اشتعال مورد بررسی قرار گرفته است. یک واکنش یک مرحله‌ای استوکیومتریک برای شبیه سازی احتراق در نظر گرفته شده و توزیع کمیت‌های مختلف در محفظه به دست آمده است. معادلات بقای جرم، ممنتوم، انرژی، گونه های شیمیایی و تشعشع با استفاده از روش احجام محدود و طرح توانی (Power Law) منفصل شده است. جریان مغشوش نیز با به کار گیری مدل دومعادله‌ای  $k-E$  استاندارد مدل شده است. دستگاه معادلات جبری با استفاده از روش سیمپلر (SIMPLER) و الگوریتم ماتریس‌های سه قطری (TDMA) مورد حل قرار گرفته است.

اثر دمای ورودی روی زمان مهلت اشتعال و تغییرات عدد ناسلت (در دیواره دما ثابت) بررسی شده و برای دو مدل احتراق متفاوت و در دو محفظه با دمای دیواره ثابت و دیواره عایق مقایسه متغیرها صورت گرفته است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان	عنوان
۱	مقدمه	فصل اول
۲	مقدمه	۱-۱
۴	مروری بر کارهای گذشته	۲-۱
۸	هدف و موضوع پژوهش	۳-۱
۹	روش تحقیق	۴-۱
۱۲	کاربرد CFD در مدل کردن احتراق	فصل دوم
۱۳	دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) و احتراق	۱-۲
۱۳	اهداف	۲-۲
۱۴	خطرات و مشکلات	۳-۲
۱۵	عوامل مهم در مدل کردن	۴-۲
۱۵	دینامیک سیال	۱-۴-۲
۱۵	هندسه	۲-۴-۲
۱۶	شیمی واکنش	۳-۴-۲
۱۶	وابستگی زمانی	۴-۴-۲
۱۷	مراحل مدل کردن	۵-۲
۱۸	اصول احتراق	فصل سوم
۱۹	مفاهیم اساسی	۱-۳
۲۰	سینتیک احتراق و زمان مهلت اشتعال	۲-۳
۲۲	مدل کردن احتراق	۳-۳
۲۴	محاسبه کسر جرمی اجزاء در احتراق	۴-۳
۲۵	معادلات حاکم بر خواص مخلوط	۵-۳
۲۷	معادلات حاکم	فصل چهارم
۲۸	معادلات حاکم	۱-۴



۲۸	جریان متلاطم	۱-۱-۴
۲۹	تلاشی رینولدز	۲-۱-۴
۳۰	محاسبه متوسط زمانی و بررسی آماری جریان درهم	۳-۱-۴
۳۱	مفهوم ضریب پخش و چسبندگی گردابه‌ای	۴-۱-۴
۳۲	مدل k-e	۲-۴
۳۳	مدلهای چند معادله‌ای	۳-۴
۳۴	شکل نهایی معادلات حاکم	۴-۴
۳۶	شرایط مرزی	۵-۴
۳۶	دیواره جامد	۱-۵-۴
۳۸	محور تقارن	۲-۵-۴
۳۸	مرز ورودی	۳-۵-۴
۳۹	مرز خروجی	۴-۵-۴
۴۰	محاسبات عددی	فصل پنجم
۴۱	مقدمه	۱-۵
۴۱	معادلات انفصال با استفاده از روش احجام محدود	۲-۵
۴۱	شبکه حل	۳-۵
۴۲	فشرده سازی شبکه‌ها	۱-۳-۵
۴۴	فرم کلی معادلات دیفرانسیل	۴-۵
۴۵	فرم کلی تفاضل محدود معادلات	۵-۵
۵۱	بررسی معادلات انفصال	۶-۵
۵۱	خطی کردن جمله چشمه	۱-۶-۵
۵۲	ضریب زیر تخفیف	۲-۶-۵
۵۲	رابطه‌های معادله انفصال	۳-۶-۵
۵۴	منفصل کردن جمله چشمه معادلات حاکم	۷-۵
۵۴	منفصل کردن جمله چشمه u	۱-۷-۵
۵۵	منفصل کردن جمله چشمه v	۲-۷-۵
۵۷	منفصل کردن جمله چشمه k	۳-۷-۵
۵۸	منفصل کردن جمله چشمه ε	۴-۷-۵
۵۹	منفصل کردن جمله چشمه H	۵-۷-۵

۶۰	بررسی میدان فشار	۸-۵
۶۰	تصحیح فشار و سرعت	۱-۸-۵
۶۱	معادله تصحیح فشار	۲-۸-۵
۶۲	معادله فشار	۳-۸-۵
۶۳	اعمال شرایط مرزی	۹-۵
۶۳	شرایط مرزی معادله u	۱-۹-۵
۶۳	شرایط مرزی معادله v	۲-۹-۵
۶۳	شرایط مرزی معادله k	۳-۹-۵
۶۴	شرایط مرزی معادله ε	۴-۹-۵
۶۴	شرایط مرزی معادله H	۵-۹-۵
۶۵	روش حل معادلات حاکم بر سیستم	۱۰-۵
۶۶	نحوه حل دستگاه معادلات جبری	۱۱-۵
۶۸	<b>بررسی و تحلیل نتایج</b>	<b>فصل ششم</b>
۶۹	مقدمه	۱-۶
۶۹	بررسی چگونگی توزیع کمیتها در محفظه احتراق	۲-۶
۷۵	بررسی زمان مهلت اشتعال	۳-۶
۷۵	محفظة احتراق سرد	۱-۳-۶
۷۵	اثر احتراق در محفظه	۲-۳-۶
۷۶	دیواره عایق	۳-۳-۶
۷۶	بررسی تغییرات سایر کمیتها	۴-۶
۸۸	نتیجه گیری	۵-۶
۸۸	پیشنهادات	۶-۶
۸۹		<b>منابع و مراجع</b>
۹۳		<b>پیوستها</b>
۹۴	نمودار گردشی برنامه کامپیوتری	الف
۹۵	مشخصات سوختها	ب
۹۸	راهنمای استفاده از کد نرم افزاری TEACH-T	ج
۱۰۴	مقایسه حل جریان با نرم افزار فلوئنت	د

## فهرست علائم

۱

### علائم اختصاری

مقدار ثابت در قانون دیواره	$A^+$
ضرایب معادلات جبری (i=E, W, S, N, P)	$A_i$
ثابت دوم آرنیوس	b
قدرت جابجایی	$C_i$
حرارت ویژه جزء i	$C_{p_i}$
حرارت ویژه متوسط	$C_{p_m}$
مقدار ثابت در مدل سازی تلاطم	$C_r, C_\mu$
ضریب نفوذ جرم	D
متغیر موضعی	F
کسر جرمی	f
تشعشع کلی	G
انتالیپی	h
ارزش حرارتی سوخت	$H_R$
انرژی جنبشی	K
ضریب نرخ واکنش	$k_f, k_b$
کسر مولی جزء i	$M_i$

درصد سوخت مصرف نشده	$m_f$
عدد ناسلت	$Nu$
فشار یا تولید انرژی جنبشی تلاطم	$P$
شار حرارتی	$q$
ثابت گازها	$R$
عدد رینولدز	$Re$
نرخ احتراق	$R_f$
جمله چشمه	$S$
زمان	$t$
دما	$T$
مؤلفه‌های سرعت	$u, v$
کسر جرمی جزء $i$	$y_i$

### حروف یونانی

ضریب زیر تخفیف	$\alpha$
فاصله	$\delta_i$
نرخ تلفات انرژی جنبشی	$\varepsilon$
متغیر وابسته	$\theta$
متغیر عمومی	$\varphi$
متغیر موضعی خواص مخلوط	$\varphi_{ij}$
ثابت فون کارمن	$\kappa$

ضریب نفوذ	$\lambda$
لزجت دینامیکی	$\mu$
لزجت دینامیکی تلاطم	$\mu_t$
لزجت سینماتیکی	$\nu$
چگالی	$\rho$
مقدار ثابت در مدلسازی تلاطم و ثابت استفن-بولتزمن ( $5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ )	$\sigma$
تنش برشی	$\tau$
زمان مهلت اشتعال	$\tau_{id}$
ضریب نفوذ	$\Gamma$
خالص جرم خروجی	$\Delta$
فاصله	$\Delta_i$

#### زیرنویس

اندیس جمع پذیری در فرم تانسوری	$i, j$
مهلت اشتعال	$id$
شرایط اولیه	$0, i$
جریان متلاطم	$t$
مقدار معادل در جریان متلاطم	$eff$
دیواره	$w$
گره شرقی	$E$

گره غربی	W
گره شمالی	N
گره جنوبی	S
گره وسطی	P
وجه شرقی	e
وجه غربی	w
وجه شمالی	n
وجه جنوبی	s
وجه یا نقطه همسایه	nb

#### بالا نویسی

مقدار متوسط زمانی	-
مقدار تصحیح یا جزء نوسانی	,
مقدار بی بعد در دیواره	+
مقدار حدسی یا تکرار قبلی	*
مقدار کاذب	^
معرف مختصات	z

فصل اول

مقدمه