



دانشگاه صنعتی و شیرازی بابل

دانشکده مهندسی مکانیک

عنوان :

# مدل سازی و تحلیل ریاضی جریان های جت دو فازی در اسپری و شکست قطرات

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک - گرایش تبدیل انرژی

اساتید راهنما :

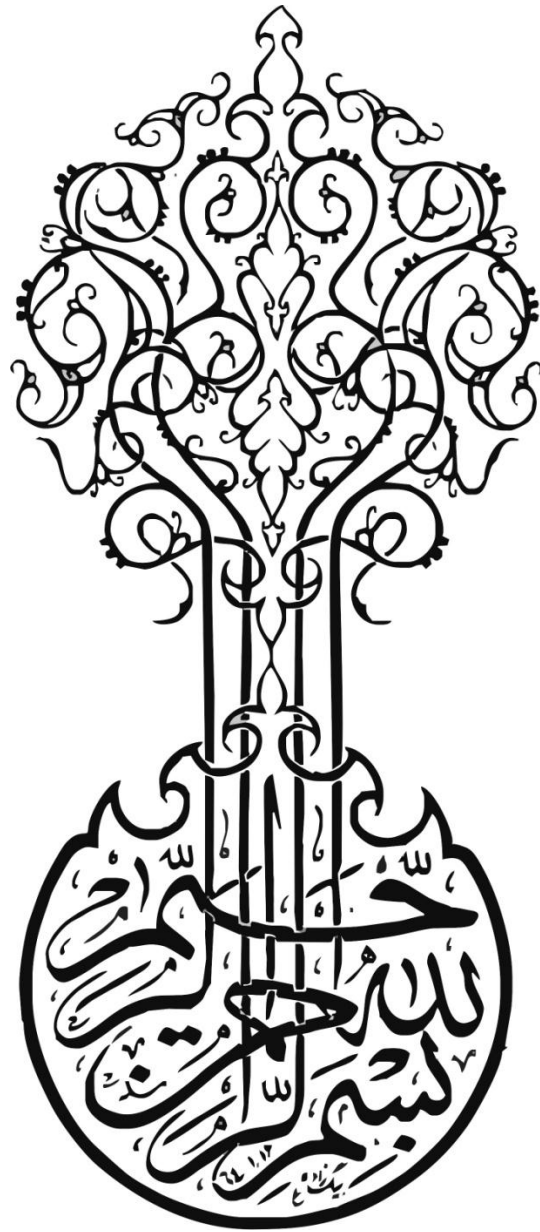
دکتر داوود دومیری گنجی

دکتر مفید گرجی بندی

نگارش:

فرزاد آقاسی کرمانی

دی ماه ۱۳۹۲



## تشکر و قدردانی

خدایی را سپاس که داشته و نداشته ام، دانسته و ندانسته هایم همه از مهر و یاری اوست.

حال که به فضل و عنایت خداوند رحمان، موفق به تنظیم و تدوین این پایان نامه شده ام، وظیفه خود می دانم از همه عزیزانی که من را طی این تحقیق و همچنین در طول تحصیل این دوره یاری و مساعدت نموده اند و به نحوی مرا مورد لطف و عنایت خویش قرار داده اند، تقدیر و تشکر کنم.

در پایان لازم می دانم مراتب امتنان خود را از استاد فرزانه، جناب آقای دکتر دومیری گنجی و پروفسور گرجی بندی در مقام راهنمایی ابراز دارم که با رهنمود های با ارزششان این جانب را در انجام این مهم مساعدت و یاری نمودند.

فرزاد آقاسی کرمانی

## چکیده.

هدف نهایی در این تحقیق، مدل کردن قطره ی غیر کروی جهاننده شده در محیط با هوای دمای بالا خواهد بود. انواع سیستم های احتراق اسپری و انژکتور را معرفی کرده و سپس مکانیزم و اصول کار دو نوع اسپری قطع و وصلی و عکس العملی شرح داده می شود. سپس بحث در رابطه با ارتعاشات، شکست و دگردیسی قطره تبیین می شود. اعداد بدون بعد کاربردی در این بحث معرفی می شوند و نحوه ی تشخیص نوع شکست قطره تشریح می شود. معادله ی حرکت ذره ی غیر کروی در حال سقوط در یک سیال نیوتنی اتخاذ می گردد، روش های تحلیلی همنشینی، حداقل مربعات، اغتشاش هوموتپی (پد) و تکرار دگرسانی (پد) را معرفی کرده و سعی می شود که با این روش ها به راه حل های منطقی برای معادله ی بوزینسک دست یافت.

سپس به مدلسازی دو قطره ی غیر کروی جهاننده شده دکان و دودکان می پردازیم؛ در این بین به دلیل وجود فرایند تبخیر، عدد انتقال جرم اسپالدینگ در معادلات ظاهر میگردد. نمو تغییرات سرعت و شتاب لحظه ای قطرات با گوی سانی های مختلف مورد بررسی واقع میگردد سپس با استفاده از تغییرات عدد وبر در پروسه ها، نوع شکستی که در فرایند سقوط قطرات اتفاق خواهد افتاد پیشبینی میشود.

## فهرست مطالب

iii.....	چکیده
iv.....	فهرست مطالب
vii.....	فهرست اشکال
xi.....	فهرست جداول
xii.....	فهرست علائم
۱.....	فصل اول: مقدمه
۱.....	۱-۱- مقدمه ای بر احتراق اسپری
۳.....	۲-۱- سیستم های احتراق اسپری
۶.....	۳-۱- انواع انژکتور
۸.....	۴-۱- اسپری های قطع و وصلی
۹.....	۱-۴-۱- رشد حباب در مایع سوپرهیت
۱۳.....	۲-۴-۱- رژیم های جریان در یک جریان لوله ای دوفازی
۱۵.....	۳-۴-۱- پاشیدن با تبدیل به ذرات ریز
۱۷.....	۵-۱- اسپری های عکس العملی
۱۹.....	۱-۵-۱- انواع رژیم های احتراق
۲۱.....	۲-۵-۱- شعله های از قبل تلفیق یا مخلوط شده

- ۳-۵-۱- شعله های از قبل تلفیق نشده..... ۲۳
- ۴-۵-۱- احتراق بوسیله ی اسپری..... ۲۴
- ۶-۱- ارتعاشات قطره..... ۲۸
- فصل دوم: شکست و دگرذیسی قطرات..... ۳۲
- ۱-۲- اعداد بی بعد ..... ۳۳
- ۲-۲- فروپاشی قطرات سقوط کننده در حالت شکست چتری..... ۳۵
- ۳-۲- تغییر شکل قطره و تشکیل کیسه ..... ۳۶
- ۴-۲- توضیحات بیشتر درباره ی فرآیند فروپاشی قطره ..... ۴۱
- ۵-۲- فروپاشی قطرات چند جزئی توسط میکرو انفجار ..... ۴۸
- فصل سوم : تعریف مسئله..... ۵۲
- فصل چهارم: معرفی و بکارگیری روش های تحلیلی در مسئله ..... ۵۸
- ۱-۴- روش اغتشاش هوموتپی ..... ۵۸
- ۲-۴- تقریب تناسب پد ..... ۶۲
- ۳-۴- روش تکرار دگرسانی ..... ۶۵
- ۴-۴- روش همنشینی..... ۶۸
- ۵-۴- روش حداقل مربعات..... ۷۰
- ۶-۴- اعتبار سنجی روش همنشینی..... ۷۴
- فصل پنجم: مدلسازی قطره ی جهانده شده در محیط با دمای بالا..... ۷۶
- ۱-۵- تحلیل ریاضی مدل قطره ی دکان ..... ۷۸

- ۵-۲- تحلیل مدل قطره ی دکان با گوی سانی های مختلف ..... ۸۲
- ۵-۳- تحلیل مدل قطره ی دو دکان ..... ۸۳
- ۵-۴- تحلیل مدل قطره ی دودکان با گوی سانی های مختلف ..... ۸۷
- ۵-۵- نحوه ی تغییرات عدد وبر،رینولدز و ترکیب آنها ..... ۸۹
- فصل ششم: نتیجه گیری ها وپیشنهادات برای ادامه کار ..... ۹۴
- ۶-۱- جمع بندی نتایج ..... ۹۴
- ۶-۲- پیشنهادات برای ادامه کار ..... ۹۸
- مراجع ..... ۱۰۱

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱-۱- رشد اینرسی (خم) و حرارتی (خط) یک حباب..... ۱۰
- شکل ۱-۲-۱- الگوی *breakup* برای یک جت آب سوپره ..... ۱۱
- شکل ۱-۳-۱- طرح مدلینگ قطرات سوپرهیت..... ۱۲
- شکل ۱-۴-۱- رژیم های جریان در یک لوله ی عمودی..... ۱۴
- شکل ۱-۵-۱- نقشه ی رژیم جریان در یک لوله..... ۱۴
- شکل ۱-۶-۱- (a) دما زیر نقطه ی جوشش بوده و جت به دلیل ناپایداری جت دورانی می شکنند.
- (b) دما  $10^{\circ}C$  بیشتر از نقطه ی جوشش است، جت دیگر دست نخورده نیست..... ۱۵
- شکل ۱-۷-۱- فرم های مختلف دیده شده اسپری با افزایش دمای آب به بالای دمای پاشش..... ۱۶
- شکل ۱-۸-۱- اثر فشار تخلیه بر شکل گیری اسپری..... ۱۶
- شکل ۱-۹-۱- دیاگرام بُرقی، نشان دهنده ی رژیم های مختلف احتراق. (P) نشان دهنده ی احتراق از پیش تلفیق شده و (N) به منظور نشان دادن احتراق از پیش تلفیق نشده است..... ۱۹
- شکل ۱-۱۰-۱- نرخ رهاسازی حرارت یک موتور سرعت متوسط دیزل در حالت قدرت کامل..... ۲۵



شکل ۱-۱۱- مدل مفهومی احتراق اسپری دیزل بر طبق [۹]..... ۲۶

شکل ۱-۱۲- ارتعاشات یک قطره لزج که از مد سوم رها شده..... ۲۹

شکل ۱-۱۳- تغییرات موقتی دامنه ی اساسی،  $P_3$  و هماهنگی آن برای قطره ی نشان داده شده در شکل ۱-

۱۲..... ۳۰

شکل ۲-۱- انواع متفاوت *breakup* بر اساس عدد *We*..... ۳۳

شکل ۲-۲- تصویر متوالی دگردیسی ریزقطره و قطعه قطعه شدن آن برای  $Eo = 288$ ..... ۳۵

شکل ۲-۳- تغییر شکل قطره و تشکیل کیسه..... ۳۶

شکل ۲-۴- تغییرات قطر قطره ی منشأ در سه اتووس متفاوت..... ۳۷

شکل ۲-۵- حفره های ایجاد شده در  $Eo = 144$ ..... ۳۸

شکل ۲-۶- برش مقطعی از کیسه..... ۳۸

شکل ۲-۷- چگونگی شکل گیری پل های مایع..... ۳۹

شکل ۲-۸- بخشهای ساخته شده بعد از شکستن و انهدام هلال..... ۴۰

شکل ۲-۹- توسعه نوع چتر نجاتی تریبوتیل فسفات مایع..... ۴۳

شکل ۲-۱۰- تصاویری از قطرات آب در ۹۶۹، ۱۵۲۸، ۱۶۲۲ میکروثانیه پس از اینکه به جریان هوا

تزریق شدند..... ۴۴

شکل ۲-۱۱- فرآیندهای مهم فیزیکی در هر مکانیزم شکست..... ۴۵

- شکل ۲-۱۲- رابطه بین عدد وبر بحرانی و آنسرج..... ۴۷
- شکل ۲-۱۳- تکامل قطرات آب در هوا به علت اثر شوک..... ۴۹
- شکل ۲-۱۴- میکروانفجار جزء به جزء یک قطره سوخت (a) تفسیر فیزیکی کل پروسه
- (b) عکس زنجیره ای سقوط آزاد یک قطره که نشان دهنده ی پدیده ی میکرو انفجار..... ۵۰
- شکل ۳-۱- دید کلی از گوی سانی های مختلف..... ۵۳
- شکل ۳-۲- شماتیک سقوط ذره ی غیرکروی..... ۵۳
- نمودار ۴-۱- نمودار مقایسه ای بین روش های تحلیلی اعمال شده..... ۷۲
- نمودار ۴-۲- نمودار مقایسه ای بین روش های همنشینی و تبدیل دیفرانسیل ..... ۷۵
- شکل ۵-۱- شماتیک محیط و قطره ی جهانده شده در مدلسازی..... ۷۶
- شکل ۵-۲- گوی سانی فرض شده (هشت وجهی) برای قطره..... ۷۷
- شکل ۵-۳- تغییرات شعاع قطره ی دکان نسبت به زمان..... ۷۸
- شکل ۵-۴- نمو تغییرات سرعت و شتاب لحظه ای قطره ی دکان..... ۸۱
- شکل ۵-۵- پروفایل های الف(سرعت وب) شتاب قطره ی دکان در گوی سانی های مختلف..... ۸۲
- شکل ۵-۶- تغییرات شعاع قطره ی دودکان نسبت به زمان..... ۸۳
- شکل ۵-۷- نمو تغییرات سرعت و شتاب لحظه ای قطره ی دودکان..... ۸۶
- شکل ۵-۸- پروفایل های الف(سرعت وب) شتاب قطره ی دودکان در گوی سانی های مختلف..... ۸۷
- شکل ۵-۹- مقایسه ی پروفایل سرعت در دو حالت شعاع دقیق و میانگین الف(دکان ب) دودکان..... ۸۸

شکل ۵-۱۰- تغییرات عدد وبر، بر حسب زمان الف) دکان ب) دودکان..... ۹۱

شکل ۵-۱۱- تغییرات عدد رینولدز، بر حسب زمان الف) دکان ب) دودکان..... ۹۱

شکل ۵-۱۲- تغییرات عدد  $We \cdot Re^{-0.5}$ ، بر حسب زمان الف) دکان ب) دودکان..... ۹۲

## فهرست جداول

- جدول ۱-۱- انواع مختلف سیستم های احتراق اسپری ..... ۴
- جدول ۱-۲- انواع مختلف سیستم های انژکتوری..... ۷
- جدول ۲-۱- اعداد بدون بعد رایج در بحث شکست قطرات..... ۳۴
- جدول ۲-۲- سه نوع فروپاشی رایج در قطره..... ۴۳
- جدول ۴-۱- خطای روش های تحلیلی در نقاط مختلف..... ۷۳

## فهرست علائم

ضرایب ثابت	$a, b, c, d$
شتاب	$A$
عدد اسپالدینگ	$B$
ضریب درگ	$C_D$
ضریب درگ بدون در نظر گرفتن فرایند تبخیر در قطره	$C_{D,0}$
ظرفیت گرمایی ویژه	$C_p$
ظرفیت گرمایی ویژه (در حالت مایع)	$C_{pL}$
ظرفیت گرمایی ویژه (در حالت گاز)	$C_{pg}$
قطر هم ارز ذره	$D$
عدد دمکهلر	$Da$
عدد اتووس	$Eo$
شتاب گرانش	$g$
گرمای نهان تبخیر	$H$
عدد جاکوب	$Ja$
انرژی جنبشی سیال اطراف ذره	$K$
عدد کارلوویتز	$Ka$
نسبت اساسی توربولانس	$L_I$
ضخامت مشخصه ی شعله ی آرام	$L_F$

جرم ذره	$m$
عدد اُنسرج	$Oh$
چند جمله ای لژاندر مرتبه $n$ ام	$P_n$
ارزش گرمایی مایع	$Q_c$
باقی مانده	$R$
شعاع قطره	$R_d$
عدد رینولدز	$Re$
عدد رینولدز توربولانس	$Re_t$
زمان	$t$
دما	$T$
دمای بحرانی	$T_{crit}$
دمای هوای اطراف قطره	$T_\infty$
دمای سطح قطره	$T_s$
سرعت	$u$
شدت توربولانس	$u'$
سرعت مشخصه ی شعله ی آرام	$u_F$
لزجت سینماتیکی	$\nu$
حجم ذره	$V$
تابع وزنی	$W$
عدد وبر	$We$

عدد وبر بحرانی

$We_c$

### علائم یونانی

ضرایب ثابت	$\alpha, \beta$
جا به جایی فاز	$\hat{\beta}$
نرخ اتلاف توربولانس	$\varepsilon$
گوی سانی	$\varphi$
ضریب لاگرانژ	$\lambda$
لزجت دینامیکی	$\mu$
لزجت دینامیکی (در حالت مایع)	$\mu_L$
چگالی	$\rho$
چگالی ذره	$\rho_s$
چگالی (در حالت مایع)	$\rho_L$
کشش سطحی	$\sigma$
مقیاس زمان اساسی توربولانس	$\tau_I$
مقیاس زمان شعله ی آرام	$\tau_c$
مقیاس زمانی کلمگرف	$\tau_\eta$
فرکانس نوسان حالت $n$ ام	$\omega_n$

### مقدمه

#### ۱.۱ مقدمه ای بر احتراق اسپری

از لحاظ سهولت حمل و نقل و انعطاف پذیری در ذخیره سازی سوخت مایع، فرآیندهای احتراق اسپری در بسیاری از کاربردهای مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد؛ از جمله منابع انرژی برای نیروی محرکه سیستم های حمل و نقل، تولید برق در نیروگاه ها، دفع زباله و بازیابی انرژی در کوره های زباله سوز را می توان نام برد. بخش قابل توجهی از کل انرژی تقاضا شده از احتراق سوخت مایع تأمین میگردد که به صرت اسپری به محفظه احتراق تزریق می شود. در زمینه های حمل و نقل و رانش، احتراق اسپری در موتورهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد؛ از جمله موتورهای موشک با سوخت مایع (موتور موشک)، موتورهای دیزل (اتومبیل ها و کامیون ها)، محفظه احتراق توربین های گازی (هواپیما)، موتورهای ترکیبی موشک (وسایل فضاپیما) و جت ها (سیستم های هوایی). به منظور یک احتراق کارآمد، ترکیب مناسب سوخت و هوا امری ضروری است؛ بنابراین مطالعه فرآیند اختلاط در اسپری بسیار حائز اهمیت بوده و به منزله بخشی اساسی از مطالعات احتراق اسپری می باشد. در برخی موارد خاص، اختلاط را می توان از احتراق جدا کرد اما در اغلب موارد اشتعال اسپری همزمان با اختلاط ادامه خواهد داشت. باید در نظر داشت که همواره به دلیل وجود پارامتر زمان برای تبخیر قطرات ریز سوخت و به منظور ورود به منطقه ی غنی از اکسیژن، باید به اختلاط مناسبی دست یافت.

با در نظر گرفتن فرآیندهای سوختن و تبخیر توام و پیچیده، احتراق اسپری را می توان به عنوان یکی از چالش برانگیزترین مباحث مهندسی دانست. احتراق اسپری را می توان در موشک های با سوخت مایع، موتورهای



توربینی گازی، موتورهای دیزلی، کوره های صنعتی و غیره مشاهده کرد. با توجه به تنوع کاربردها، به منظور کاهش هزینه های توسعه در روش های آزمون و خطا، ایجاد مدل های پیش بینی برای فرآیندهای احتراق اسپری حائز اهمیت می باشد.

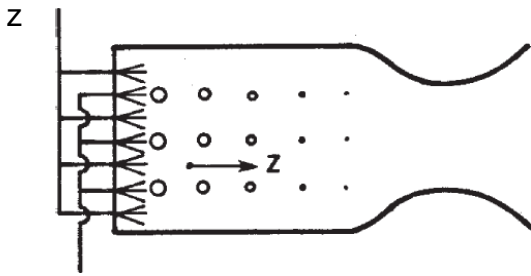
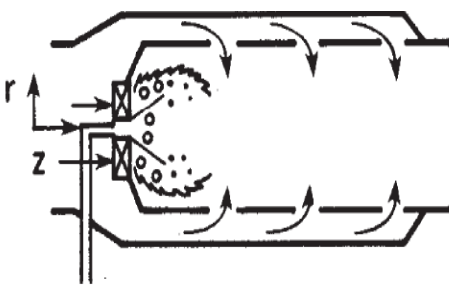
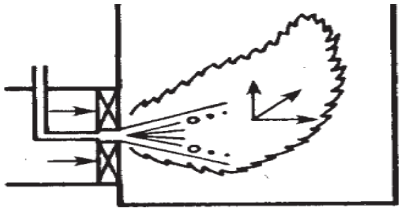
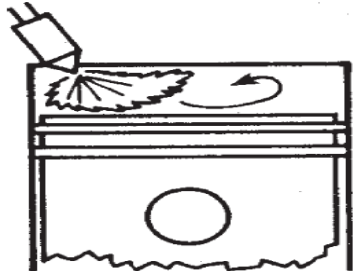
مطالعات متعدد پیرامون احتراق اسپری و فرآیندهای مرتبط با آن، به طراحان کمک می کند تا با ایجاد چارچوب کاری، طراحی کارآمد و پایداری از محفظه های احتراق، تعیین نرخ انتقال حرارت در سطوح اتاقک احتراق و بررسی شکل گیری آلاینده هایی مانند دوده، هیدروکربن های سوخته ( $CO$ ) داشته باشند. اکسیدهای نیتروژنی ( $NO_x$ ) شامل ترکیبات مختلف نیتروژن مانند دی اکسید نیتروژن ( $NO_2$ )، اکسید نیتریک ( $NO$ ) و اکسید نیتروژن ( $N_2O$ ) می باشد. معروف است که تشکیل ( $NO_x$ ) به شدت وابسته به دما می باشد و با کاهش حداکثری درجه حرارت شعله می توان موجب کاهش قابل توجهی در نشر ( $NO_x$ ) شد. همچنین از تحقیقات مختلف اینگونه برداشت می شود که شرایط برای شکل گیری دوده زمانی مناسب خواهد بود که گرادیان دمای منطقه های غنی از سوخت بالا برود. با وجود اینکه روش اساسی برای کاهش تشکیل دوده در احتراق اسپری تنها کاهش گرادیان دما در مناطق غنی از سوخت نمی باشد بلکه با کاهش اندازه مناطقی که گرادیان دمای بالا همچنین با افزایش غلظت سوخت نائل می شود. به منظور دستیابی به این اهداف باید خواص جریان در اسپری های قابل احتراق مشخص شود. یک مدل تحلیلی واقع بینانه از اسپری قابل احتراق، باید شامل ملاحظات گوناگونی باشد؛ به عنوان مثال می توان به ویژگی های هیدرودینامیکی تزریق و شکل گیری اسپری، ویژگی های انتقال فردی قطرات، جریان پرتلاطم دوفازی اسپری، واکنش های شیمیایی محیط های متلاطم و تعاملات شیمیایی و توربولانس تابش و شعله اشاره کرد. به طور کلی فرآیندهای احتراق اسپری، به منظور دست یابی به سوخت مقرون به صرفه، کنترل بهینه آلاینده ها در محصولات احتراق و افزایش طول عمر دستگاه های فنی و مهندسی مورد مطالعه قرار می گیرند. با این حال، با توجه به ماهیت پیچیده اتمیزه کردن اسپری و فرآیندهای احتراق، بسیاری از دستگاه های عملی بر اساس روش آزمون و خطا - که بسیار پرهزینه می باشد- طراحی شده

اند. در طول دو دهه گذشته، محققان بهبود قابل توجهی در روش های نامتعارف تشخیص داشته اند ( تکنیک های مبتنی بر لیزر، رادیوگرافی اشعه X، تصویربرداری با وضوح بالا، تجزیه و تحلیل ذرات فاز داپلر، لیزر مسطح ناشی از فلورسانس و ...) که امکان مشاهدات با جزئیات بیشتر و اندازه گیری ذرات ریز اسپری و فرآیندهای احتراق را فراهم می کند. توسعه ابر رایانه ها با حافظه های زیاد و پردازنده هایی با سرعت بالا، امکان تدوین، فرموله کردن و حل عددی مدل های جامع را با در نظر گرفتن جزئیات بیشتری از فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی برای نظریه پردازان فراهم می کند. بسیاری از حوزه های مربوط به تحقیقات احتراق اسپری، پیشرفت های عمده ای در سال های اخیر به دست آورده اند. برخی از این حوزه ها عبارتند از اندازه گیری اندازه قطره، مکانیزم فروپاشی جت مایع، خصوصیات رفتاری اسپری متراکم، پدیده تبخیر و احتراق فوق بحرانی، راه حل عددی مدل های جامع با واکنش شیمیایی پیچیده، اندازه گیری های کمی اسپری ها با استفاده از تکنیک های تجربی مدرن و همچنین تحریکات ناشی از فرآیندهای اتمیزه. خواهید دید که برخی از پیشرفت های مهم در این زمینه، در این فصل گنجانده شده است.

## ۲.۱ سیستم های احتراق اسپری

اسپری به شیوه های مختلفی سوخته می شود و هر روش مشکلات مختلفی برای توسعه یک مدل اسپری قابل اعتماد را در بر می گیرد. موارد متعددی که طیف وسیعی از تنظیمات، در عمل با آن مواجه می شوند، توسط فاؤت [۵۴] خلاصه شده است؛ همانطور که در جدول ۱.۱ نشان داده شده است، در سیستم پیش تبخیر (اولین مورد در جدول) به این موضوع پرداخته شده است.

جدول ۱.۱ انواع مختلف سیستم های احتراق اسپری

کاربرد	پیکربندی	جهت بی بعد	ساختار
موتور موشک با سوخت مایع		Z	ثابت، کم و بیش پیش اختلاط شده
محفظه های احتراق توربین گازی		Z, r	ثابت، شعله پخشی
کوره های صنعتی		X, Y, Z	ثابت، شعله پخشی
موتورهای دیزلی احتراق		t, X, Y, Z	گذرا، شعله پخشی، ویژگی های جرقه نیاز است

اسپری به یک جریان هوای گرم تزریق می شود. قطرات تقریباً به طور کامل قبل از رسیدن به شعله تبخیر می شوند. نمونه های رایج از چنین پیکربندی، پس شعله ها و کاربراتور موتورهای احتراق جرقه می باشند. به طور کلی در این مورد می توان از مدل های یک بعدی نتایج مفیدی به دست آورد، به جز در نزدیکی انژکتور و یا زمانی که تنها تعداد محدودی از انژکتورها به کار گرفته شده است. بخش دو فازی جریان معمولاً غیر قابل اشتعال می باشد.

در مورد موشک با سوخت مایع ( حالت دوم در جدول ۱.۱)، هر دوی سوخت و اکسید کننده از یک جا تزریق می شوند که ارائه دهنده سیستم احتراق با پیش اختلاط کمتر یا بیشتر می باشد. در بسیاری از طراحی ها، جریان یک بعدی که بر بیشتر حالت های جریان غالب است، برای پیش بینی های کارایی مدل های نسبتاً ساده، بسیار مناسب می باشد. در مواجهه با انژکتور و هنگامی که تنها تعداد کمی از انژکتورها مورد استفاده قرار می گیرند، اثرات اختلاط مهم می باشد و مدل های پیچیده تری باید به کار گرفته شوند. محفظه احتراق توربین گازی را می توان به سه منطقه تقسیم کرد: یک منطقه اصلی که در آن، مایع به شکل یک ترکیب تقریباً استوکیومتری واکنش دهنده در یک جریان دو فازی به هوا تزریق می شود، منطقه ی دوم که در آن احتراق تکمیل می گردد و منطقه ی پایانی که محصولات احتراق به منظور کاهش درجه حرارت جریان به سطوح قابل قبولی برای توسعه توربین ها، با هوا مخلوط می شوند. از آنجایی که سوخت و هوا پیش از احتراق به صورت گسترده ای مخلوط نمی شوند، شعله حاصل از آن دارای ویژگی های یک شعله انتشاری می باشد که در آن اختلاط سوخت و اکسیژن به شدت بر سرعت واکنش تاثیر می گذارد. اگرچه مدل های پارامتر به عنوان یک تقریب خام مورد استفاده قرار گرفته است، مدل تک بعدی برای این پیکربندی مناسب نیست. کوره های صنعتی از لحاظ کیفی شبیه به توربین های گازی هستند، اگرچه پیکربندی نا متقارن آن ها شایع تر است و اثرات