

تاسیس 1307

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

مطالعه عددی جریان داخلی نازل های کاویتاسیونی و بررسی تاثیر آن بر مشخصه های

افشانه

نگارش

ابوطالب زندی

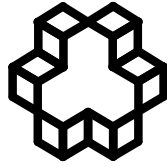
اساتید راهنما

دکتر عبدالله شادآرام

دکتر مهرزاد شمس

شهریور ماه

1391



تاسیس 1307

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی

مطالعه عددی جریان داخلی نازل‌های کاویتاسیونی و بررسی تاثیر آن بر مشخصه‌های

افشانه

نگارش

ابوطالب زندی

اساتید راهنما

دکتر عبدالله شادآرام

دکتر مهرزاد شمس

استاد مشاور

دکتر رضا ابراهیمی

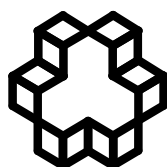
شهریور ماه

1391

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

تقدیم به پدرم که بی‌نیازیم آموخت

به مادرم که به من درس محبت داد



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی مکانیک

تأییدیه هیات داوران

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان: **مطالعه عددی جریان داخلی نازل های کاویتاسیونی و بررسی تاثیر آن بر مشخصه های افشانه**

توسط آقای ابوطالب زندی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته: مهندسی مکانیک گرایش تبدیل انرژی با رتبه مورد تأیید قرار می دهند.

- 1- استاد راهنما
آقای دکتر..... امضاء.....
- 2- استاد راهنما
آقای دکتر..... امضاء.....
- 3- استاد مشاور
آقای دکتر..... امضاء.....
- 4- ممتحن خارجی
آقای دکتر..... امضاء.....
- 5- ممتحن داخلی
آقای دکتر..... امضاء.....
- 6- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده
آقای دکتر..... امضاء.....

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه : مطالعه عددی جریان داخلی نازل های کابیتاسیونی و بررسی تاثیر آن بر

مشخصه های افشانه

اساتید راهنما : دکتر مهرزاد شمس - دکتر عبدالله شادآرام

نام دانشجو : ابوطالب زندی

شماره دانشجویی : 8903304

اینجانب ابوطالب زندی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (گرایش تبدیل انرژی) دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه، چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده ام.

امضاء دانشجو :

تاریخ :

فرم حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

- 1- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.
ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.
- 2- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.
همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

قدردانی

از زحمات بی‌دریغ استاد گرانقدر جناب آقای دکتر مهرزاد شمس کمال قدردانی را دارم. حضور پرمحبت و راهنمایی‌های گرانقدرشان در انجام پایان‌نامه فراموش‌نشده است. زحمات استاد مجرب و گرانقدر، جناب آقای دکتر عبدالله شادآرام، به خصوص در امر مهم نگارش پایان‌نامه جای بسی تشکر و تقدیر دارد. راهنمایی‌های مفید ایشان در کنار لحن آرام و موقرشان هرگز از یاد نخواهد رفت. همچنین از راهنمایی‌های استاد گرامی، جناب آقای دکتر رضا ابراهیمی، در امر بررسی و تحلیل نتایج کمال تشکر را دارم. لازم است زحمات دوست عزیز، آقای مهندس شهاب‌الدین سهرابی، در پیشرفت پایان‌نامه خاطرنشان شود. کمک‌های بی‌دریغ ایشان همیشه در یاد خواهد ماند. همچنین از تمام دوستان خود در آزمایشگاه جریان‌های دوفازی و محترق به دلیل محبت و همدلی در انجام این پایان‌نامه کمال تشکر را دارم. لازم است در پایان از آقای مهندس آذربرا، مسئول سایت کامپیوتری دانشکده مهندسی مکانیک به دلیل همکاری و در اختیار گذاشتن کامپیوترهای محاسباتی تشکر نمایم.

صدها فرشته بوسه بر آن دست می‌زنند کز کار خلق یک گره بسته واکنند

چکیده :

به دلیل فشار تزریق بالا، وقوع کاویتاسیون در یک نازل تزریق دیزل اجتناب‌ناپذیر است. حضور کاویتاسیون و اغتشاش در یک نازل تزریق دیزل تاثیر زیادی بر توسعه و فروپاشی افشانه دارد. با این حال، مکانیزم جریان کاویتاسیونی نازل و تاثیر آن بر مشخصه‌های افشانه هنوز کاملاً شناخته شده نیست. در این تحقیق، شبیه‌سازی عددی جامعی به منظور مطالعه جریان کاویتاسیونی داخل نازل و بررسی تاثیر آن بر مشخصه‌های افشانه انجام شده است. جریان کاویتاسیونی داخل نازل با استفاده از روش دوسیاله اوپلری- اوپلری شبیه‌سازی شده است. در این روش، سوخت مایع و بخار آن به صورت دو فاز پیوسته در نظر گرفته شده و معادلات حاکم برای هر فاز به صورت جداگانه حل شده است. توسعه و فروپاشی افشانه با استفاده از روش اوپلری-لاگرانژی شبیه‌سازی شده است. از آنجائیکه تاثیر جریان داخلی بیشتر در ناحیه نزدیک نازل است، لذا برای ایجاد ارتباط بین جریان داخلی و خارجی از مدل فروپاشی اولیه کاملی استفاده گردیده که توانایی مشاهده همزمان اثرات کاویتاسیون، توربولانس و نیروهای آئرو‌دینامیکی را بر فروپاشی افشانه دارد. اعتبار روش شبیه‌سازی با مقایسه نتایج عددی با نتایج تجربی بررسی شده است. بعد از اطمینان یافتن از صحت مدل محاسباتی، پارامترهای موثر بر جریان کاویتاسیونی نازل و فروپاشی افشانه بررسی شده است. این پارامترها عبارتند از فشار تزریق، فشار پایین‌دست، شعاع ورودی روزنه، همگرایی روزنه، طول آن و نوع سوخت. نتایج بدست آمده به وضوح تاثیر بالای مشخصه‌های هندسی نازل و پارامترهای دینامیکی را بر جریان داخل نازل و فروپاشی افشانه نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی : کاویتاسیون، جریان داخل نازل، انژکتور دیزل، بایودیزل، فروپاشی اولیه، فروپاشی ثانویه

فهرست مطالب

فصل اول : کلیات و طرح موضوع 1

1-1-1- تعریف افشانه 2

1-1-2- نگاهی به کاربردهای افشانه 2

1-1-3- تقسیم‌بندی افشانه 3

1-1-4- اتمایزهای فشاری 4

1-1-5- افشانه فشار بالا در موتورهای احتراق داخلی 6

1-1-6- انگیزه تحقیق 8

1-1-7- هدف از تحقیق 13

فصل دوم : مروری بر تحقیقات پیشین 16

1-2-1- جریان داخل نازل 17

1-1-2-1- کاویتاسیون 17

1-2-2- فیزیک کاویتاسیون 17

1-2-3-1- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه نازل‌های کاویتاسیونی 19

1-2-2-2- فروپاشی افشانه 29

1-2-2-1- فروپاشی اولیه 32

1-2-2-2- فروپاشی ثانویه 39

1-2-3-2- ساختار افشانه 44

1-3-2-1- ساختار ماکروسکوپیک 45

1-3-2-2- ساختار میکروسکوپیک 47

فصل سوم : معادلات حاکم و مدل‌سازی 50

1-3-1- الگوی مدل‌سازی : کوپلینگ شبه‌دینامیکی 51

1-3-2- مدل‌سازی جریان داخلی نازل 52

52	1-2-3- معادلات حاکم بر مدل چندسیاله
55	2-2-3- مدلسازی اندرکنش بین فازی
58	3-3- مدلسازی افشانه
59	1-3-3- کوپلینگ بین فازها
60	2-3-3- معادلات حاکم بر فاز پیوسته
61	3-3-3- معادلات حاکم بر فاز گسسته
63	4-3-3- مدلسازی فروپاشی اولیه
66	5-3-3- مدلسازی فروپاشی ثانویه
72	6-3-3- مدلسازی برخورد قطرات
74	7-3-3- مدلسازی پراکنش آشفستگی

77..... فصل چهارم : مقدمات مدلسازی و اعتبارسنجی

78	1-4- الگوی مدلسازی
79	2-4- هندسه و شرایط مرزی
80	1-2-4- نازل تزریق
83	2-2-4- محفظه تزریق
84	3-4- شرایط محفظه و خواص سیال تزریق شده
88	4-4- اعتبارسنجی مدلسازی
89	1-4-4- اعتبار سنجی مدل دوسیاله
93	2-4-4- اعتبارسنجی الگوی مدلسازی

100..... فصل پنجم : ارائه و تحلیل نتایج

101	1-5- بررسی جریان داخل نازل
101	1-1-5- اثر فشار تزریق
103	2-1-5- اثر فشار پشت
106	3-1-5- اثر شعاع انحنای ورودی روزنه

108	.....	4-1-5- اثر همگرایی روزنه
110	.....	5-1-5- اثر طول نازل
112	.....	6-1-5- اثر نوع سوخت
116	.....	2-5- بررسی مدل فروپاشی اولیه
118	.....	3-5- بررسی رفتار افشانه
118	.....	1-3-5- اثر فشار تزریق
124	.....	2-3-5- اثر فشار پشت
129	.....	3-3-5- اثر شعاع انحنای ورودی روزنه
131	.....	4-3-5- اثر همگرایی روزنه
134	.....	5-3-5- اثر طول نازل
137	.....	6-3-5- اثر سوخت

140..... فصل ششم : خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات

141	.....	1-6- خلاصه و نتایج کلی پایان‌نامه
143	.....	2-6- پیشنهادات برای کارهای آتی

145..... مراجع

فهرست اشکال

- شکل 1-1، نمونه ای از اتمایزهای فشاری چند سوراخه.....5
- شکل 2-1، الف) نوع PFI ب) نوع GDI ج) نوع CI (diesel) [4].....8
- شکل 3-1، مصرف سوخت بر واحد مسافت (خط توپر)، قدرت بر واحد وزن خودرو (خط چین) [8].....9
- شکل 4-1، بهبود استاندارد آلاینده‌ها برای موتور دیزل در اتحادیه اروپا [9].....10
- شکل 5-1، نمونه‌ای از اسپری مخروطی توپر همراه با اجزا و نواحی آن [12].....11
- شکل 1-2، شماتیک کاویتاسیون در جریان داخلی [15].....18
- شکل 2-2، شماتیک جهش هیدرولیکی در جریان داخلی [1].....19
- شکل 3-2، شماتیک نازل کاویتاسیونی [64].....21
- شکل 4-2، نمودار لگاریتمی ضریب تخلیه بر حسب عدد کاویتاسیون.....23
- شکل 5-2، طرحواره‌ای از ساختارهای کاویتاسیونی رسم شده توسط بُد (wand به معنای دیوار است). [20].....24
- شکل 6-2، مکانیزم فروپاشی اولیه جت مایع (بالا)، صفحه مایع (پایین) [54].....32
- شکل 7-2، تصویر شماتیک مکانیزم‌های مختلف موجود در فروپاشی اولیه الف) ناشی از آئرودینامیک ب) ناشی از کاویتاسیون ج) ناشی از اغتشاش [64].....33
- شکل 8-2، الف) شماتیک رژیم‌های فروپاشی اولیه ب) نمودار آنزورگ (نواحی مربوط به رژیم‌های فروپاشی بر حسب اعداد بی‌بعد رینولدز و وبر) [62].....35
- شکل 9-2، نمودار سه‌بعدی آنزورگ؛ تابعیت رژیم‌های فروپاشی اولیه به عدد آنزورگ ($Z = Oh$)، عدد رینولدز و نسبت چگالی گاز به مایع [12].....35
- شکل 10-2، مکانیزم‌های فروپاشی ثانویه و تغییر شکل قطره بصورت تابعی از اعداد بی‌بعد وبر و آنزورگ [14].....40
- شکل 11-2، معادل‌سازی فروپاشی قطره با سیستم جرم-فنر [73].....42
- شکل 12-2، طبقه‌بندی ساختار افشانه.....44
- شکل 13-2، شماتیک افشانه به همراه مشخصه‌های ماکروسکوپی آن [81].....45
- شکل 1-3، روند حل در کوپلینگ تک مسیره و دو مسیره.....60
- شکل 2-3، ضرایب پسای دینامیکی قطره به شکل کره، بیضی و دیسک [110].....62
- شکل 3-3، رژیم‌های فروپاشی ثانویه به صورت تابعی از اعداد بی‌بعد وبر و آنزورگ [25].....66
- شکل 4-3، رژیم‌های مختلف فروپاشی قطره [113].....67
- شکل 5-3، فروپاشی قطره به عناصر ریز تحت رژیم انفجاری [113].....68

- شکل 1-4، روند حل عددی (a) مدل‌سازی جریان داخلی (b) برخی متغیرهای جریان داخل نازل که برای شبیه‌سازی فروپاشی اولیه استفاده می‌شوند (c) مدل‌سازی افشانه (d) مقایسه اندازه شبکه نازل و افشانه (e) شماتیک مدل‌سازی فروپاشی افشانه.....79
- شکل 2-4، شماتیک نازل VCO و Mini-Sac [15].....80
- شکل 3-4، (a) شماتیک نازل تزریق (b) شبکه محاسباتی جریان داخلی و شرایط مرزی (c) شبکه در ناحیه ورودی روزنه.....81
- شکل 4-4، نمودار تغییرات دبی جرمی سوخت مایع به ازای تعداد المان‌های شبکه نازل پایه.....82
- شکل 5-4، دید از روبرو و دید از بالای شبکه محاسباتی محفظه تزریق.....83
- شکل 6-4، نمودار تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای شبکه‌های مختلف.....84
- شکل 7-4، دید از روبرو نازل استوانه‌ای و ابعاد آن.....89
- شکل 8-4، نمودار دبی جرمی سوخت مایع به ازای تعداد المان‌های شبکه نازل استوانه‌ای.....90
- شکل 9-4، نمودار تغییرات ضریب تخلیه بر حسب عدد کاویتاسیون.....91
- شکل 10-4، مقایسه نتایج حل عددی با مدل تحلیلی نوریک.....93
- شکل 11-4، شماتیک مخزن نیتروژن و تجهیزات آزمایشگاهی [125].....94
- شکل 12-4، شماتیک و ابعاد نازل.....95
- شکل 13-4، نمودار دبی جرمی سوخت مایع به ازای تعداد المان شبکه نازل تک‌سوراخه.....96
- شکل 14-4، نمودار دبی جرمی سوخت تزریق شده بر حسب زمان (مقایسه حل عددی و آزمایشگاهی).....97
- شکل 15-4، شماتیک و ابعاد مخزن نیتروژن.....98
- شکل 16-4، نمودار تغییرات طول نفوذ بر حسب زمان.....98
- شکل 17-4، مقایسه شکل کلی افشانه با نتایج تجربی.....99
- شکل 1-5، نمودار تغییرات ضریب تخلیه بر حسب عدد کاویتاسیون.....102
- شکل 2-5، کانتور کسر حجمی فاز بخار برای فشارهای تزریق مختلف.....102
- شکل 3-5، تغییرات ضریب تخلیه و دبی جرمی سوخت مایع بر حسب عدد کاویتاسیون در دو فشار تزریق مختلف.....104
- شکل 4-5، کانتور کسر حجمی فاز بخار برای فشارهای پشت مختلف.....105
- شکل 5-5، پارامترهای هندسی روزنه نازل.....106
- شکل 6-5، نمودار تغییرات ضریب تخلیه بر حسب r/Din107
- شکل 7-5، کانتور کسر حجمی فاز بخار برای نسبت‌های مختلف r/Din107
- شکل 8-5، کانتور کسر حجمی فاز بخار برای مقادیر مختلف پارامتر k109
- شکل 9-5، نمودار تغییرات ضریب تخلیه بر حسب پارامتر k109

- شکل 5-10، نمودار تغییرات ضریب تخلیه بر حسب $L/Dout$ 111
- شکل 5-11، کانتور کسر حجمی فاز بخار برای نسبت‌های مختلف $L/Dout$ 111
- شکل 5-12، کانتور کسر حجمی فاز بخار سوخت دیزل و بایودیزل..... 116
- شکل 5-13، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای دو مدل مختلف فروپاشی اولیه..... 117
- شکل 5-14، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای دو مدل مختلف فروپاشی اولیه..... 118
- شکل 5-15، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای فشارهای تزریق مختلف..... 119
- شکل 5-16، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای فشارهای تزریق مختلف..... 120
- شکل 5-17، تغییرات قطر میانگین ساطر نهایی قطرات بر حسب فشار تزریق..... 121
- شکل 5-18، ساختار نهایی افشانه ($t = 0/7 \text{ ms}$) برای فشارهای تزریق مختلف..... 122
- شکل 5-19، میدان سرعت هوا و گردابه‌های ایجاد شده در کناره‌های افشانه..... 123
- شکل 5-20، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای فشارهای محفظه مختلف در فشار تزریق 135. MPa..... 124
- شکل 5-21، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای فشارهای محفظه مختلف در فشار تزریق 35. MPa..... 125
- شکل 5-22، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای فشارهای محفظه مختلف..... 126
- شکل 5-23، تغییرات قطر میانگین ساطر نهایی قطرات بر حسب فشار محفظه برای دو فشار تزریق مختلف..... 127
- شکل 5-24، ساختار نهایی افشانه برای فشارهای محفظه مختلف..... 128
- شکل 5-25، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای نسبت‌های مختلف r/Din 129
- شکل 5-26، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای نسبت‌های مختلف r/Din 130
- شکل 5-27، ساختار نهایی افشانه برای نسبت‌های مختلف r/Din 131
- شکل 5-28، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای مقادیر مختلف پارامتر k 132
- شکل 5-29، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای مقادیر مختلف پارامتر k 133
- شکل 5-30، ساختار نهایی افشانه برای مقادیر مختلف پارامتر k 134
- شکل 5-31، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای نسبت‌های مختلف $L/Dout$ 135
- شکل 5-32، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای نسبت‌های مختلف $L/Dout$ 136
- شکل 5-33، ساختار نهایی افشانه برای نسبت‌های مختلف $L/Dout$ 136
- شکل 5-34، تغییرات طول نفوذ افشانه بر حسب زمان برای سوخت دیزل و بایودیزل..... 137
- شکل 5-35، تغییرات قطر میانگین ساطر قطرات بر حسب زمان برای سوخت دیزل و بایودیزل..... 138
- شکل 5-36، ساختار نهایی افشانه برای سوخت دیزل و بایودیزل..... 139

فهرست جداول

- جدول 1-1، خواص مربوط به اتمیزاسیون چند مایع [1]..... 3
- جدول 1-2، معادل سازی نوسان و تغییر شکل قطره با سیستم جرم - فنر در مدل فروپاشی تیلور [73]..... 41
- جدول 1-3، مقدار ضرایب به کار رفته در معادلات اغتشاش [101]..... 55
- جدول 2-3، مدل های پیشنهاد شده برای گستره مختلف عدد وبر..... 69
- جدول 1-4، اندازه و تعداد المان های شبکه های مختلف نازل پایه..... 81
- جدول 2-4، اندازه و تعداد المان های شبکه های مختلف محفظه تزریق..... 83
- جدول 3-4، تغییرات ضریب تراکم پذیری برای هوا به ازای دما و فشارهای مختلف [118]..... 85
- جدول 4-4، خواص سوخت های مورد استفاده (در دمای 40°C)..... 88
- جدول 5-4، اندازه و تعداد المان های شبکه های مختلف نازل استوانه ای..... 90
- جدول 6-4، اندازه و تعداد المان های شبکه های مختلف نازل تک سوراخه..... 95
- جدول 1-5، مقدار برخی مشخصه های جریان در خروجی نازل برای نسبت های مختلف r/D_{in} 108
- جدول 2-5، مقدار برخی مشخصه های جریان در خروجی نازل برای مقادیر مختلف پارامتر k 110
- جدول 3-5، مقدار برخی مشخصه های جریان در خروجی نازل برای نسبت های مختلف L/D_{out} 112
- جدول 4-5، خواص سوخت های مجازی..... 112
- جدول 5-5، تاثیر چگالی بر مشخصه های جریان داخل نازل..... 113
- جدول 6-5، تاثیر لزجت بر مشخصه های جریان داخل نازل..... 114
- جدول 7-5، تاثیر فشار اشباع بر مشخصه های جریان داخل نازل..... 115
- جدول 8-5، تاثیر نوع سوخت بر مشخصه های جریان داخل نازل..... 115
- جدول 9-5، مقدار چگالی هوای داخل محفظه به ازای فشارهای مختلف..... 124
- جدول 10-5، شار ممتنم سوخت مایع در خروجی نازل برای نسبت های مختلف r/D_{in} 130
- جدول 11-5، شار ممتنم سوخت مایع در خروجی نازل برای مقادیر مختلف پارامتر k 132
- جدول 12-5، شار ممتنم سوخت مایع در خروجی نازل برای نسبت های مختلف L/D_{out} 135
- جدول 13-5، شار ممتنم سوخت مایع در خروجی نازل برای سوخت دیزل و بایودیزل..... 138

فصل اول :

کلیات و طرح موضوع



مقدمه

این فصل به صورت جامع موضوع افشانه را بررسی می‌کند. در ابتدا تعریف افشانه و کاربردهای گسترده آن در صنعت ارائه شده است. در ادامه انواع افشانه از دید منبع تامین‌کننده انرژی ارزیابی می‌شود. سپس بیشتر بر روی نازل‌های فشاری متمرکز شده و تقسیم‌بندی‌هایی از نظر شکل ظاهری سیال اسپری شده، ساختار نازل فشاری و کاربرد آن در موتورهای احتراق داخلی عنوان می‌گردد. در پایان انگیزه و اهداف این تحقیق بیان شده است.

1-1- تعریف افشانه

به طور کلی افشاندن به تزریق یک سیال پرچگال (عموما مایع) در محیطی کم‌چگال (گاز) اطلاق می‌شود، که طی آن ستونی از مایع (فاز پیوسته) به شکل قطرات ریز (فاز گسسته) ظاهر می‌شود. این فرآیند ناشی از اندرکنش میان صفحه یا جت مایع با گاز موجود در محیط است و یکی از فرآیندهای مهم در جریان‌های دوفازی به شمار می‌آید.

1-2- نگاهی به کاربردهای افشانه

در ادامه نگاهی کلی به کاربرد افشانه در صنایع مختلف و اهمیت آن در افزایش بازده هر کدام می‌اندازیم. امروزه در کشاورزی برای رسیدن به راندمان کافی در برداشت محصول، نیاز به آبیاری قطره‌ای و سم‌پاشی کافی و مدرن احساس می‌شود. از اینرو انتخاب نازل مناسب و فشار تزریق بهینه به پیشبرد این هدف کمک شایانی خواهد کرد.

در حال حاضر برای تولید پودر فلزات، ماده مذاب را از طریق یک نازل مخصوص به داخل محیط آبیکی یا گازی تزریق می‌کنند. پس از اتمیزه شدن سیال مذاب، انجماد با نرخ قابل توجهی (از 10^4 تا 10^7 کلوین بر ثانیه) صورت گرفته و در انتها پودری یکنواخت از فلزاتی چون استیل، آهن و حتی آمالگام به دست می‌آید. بسته به کاربرد مورد نظر، شکل دانه‌ها از کروی گرفته تا پولکی متغیر خواهد بود.

افشانه به طور گسترده در خشک کردن و جدایش مواد غذایی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماده تغذیه به صورت محلولی که حاوی ماده اصلی مورد نظر است به محیطی با دمای بالا (عموما هوا) تزریق می‌شود. در اثر تبخیر، مایع حلال از محلول جدا شده و پودر مورد نظر استخراج می‌شود. از این روش برای جدایش پودرهای غذایی مانند شیر خشک و پودرهای صنعتی مثل شوینده‌ها استفاده می‌گردد.



علاوه بر موارد بالا، استفاده عمده افشانه در کاربردهای مرتبط با احتراق است. راکت‌ها، کوره‌ها و به خصوص موتورهای احتراق داخلی همیشه نیاز به یک اتمایزر دارند. تزریق مستقیم¹ سوخت به داخل محفظه احتراق در دو موتور دیزل و بنزینی جرقه‌ای کاربرد دارد. از آنجاکه تحقیق حاضر بیشتر به کاربرد افشانه در موتورهای احتراق داخلی می‌پردازد در ادامه بیشتر به این موضوع پرداخته خواهد شد.

3-1- تقسیم بندی افشانه

در صنعت برای اسپری مایعات از روش‌ها و ابزار گوناگونی استفاده می‌شود، این روش‌ها به عوامل زیادی بستگی دارد. خواص مایع اسپری شونده یکی از مهمترین این عوامل است. برای نمونه ویسکوزیته، کشش سطحی و چگالی مایع اسپری شونده و مرتبه‌ی اثر هر یک نقش مهمی در اتمیزاسیون² مایع بازی می‌کنند. برای نمونه خواص مربوط به اتمیزاسیون چند مایع در جدول 1-1 نشان داده شده است [1]. همچنین ویژگی‌های محیط پاشش از دما و فشار گرفته تا هندسه‌ی مربوطه در انتخاب روش اتمیزاسیون تاثیرگذار است.

جدول 1-1، خواص مربوط به اتمیزاسیون چند مایع [1].

Liquid	Density ρ (kg/m ³)	Surface Tension σ (kg/s ²)	Dynamic Viscosity μ (kg/ms) $\times 10^3$
Fuel (benzene)	660	0.017	0.27
Water	1,000	0.073	1.0
Melt (copper)	7,800	1.31	3.12
Melt (iron)	8,000	1.83	5.0
Fuel (oil)	830	0.026	20.1
Melt (ceramic)	5,000	0.5	1,000
High-viscosity liquid	1,000	0.035	20,000

هر یک از عوامل ذکر شده به نحوی بر مشخصات افشانه از شکل ظاهری افشانه گرفته تا قطر متوسط قطرات و نحوه‌ی توزیع آن‌ها در محیط تاثیر می‌گذارد، لذا این مشخصات افشانه است که در نهایت به ما در انتخاب روش و ابزار اتمیزاسیون کمک می‌کند.

بر اساس منبع انرژی، اتمیزاسیون سیال به دو دسته، بی‌واسطه و باواسطه قابل تقسیم است.

¹ Direct Injection (DI)

² Atomization



در نوع اول، انرژی لازم برای فروپاشی توسط خود سیال حمل می‌شود. این انرژی از نیروی فشاری که از یک پمپ صادر می‌گردد تامین می‌شود. اسپری‌های فشاری از این نوع هستند. در نوع دوم، انرژی لازم برای فروپاشی با استفاده از یک واسطه به سیال انتقال داده می‌شود. اتمیزاسیون به کمک پنوماتیک، گردش دیسک حاوی سیال، آکوستیک و اولتراسونیک از این نوع هستند [1].

از آنجا که اتمایزهای فشاری، رایج‌ترین نوع در بین اتمایزهای موجود در صنعت است و موضوع این تحقیق نیز درباره افشانه‌های فشاری است، در ادامه به معرفی این نوع از اتمایزها می‌پردازیم.

4-1- اتمایزهای فشاری

اتمایزهای فشاری (اتمایزر تک سیاله¹) رایج‌ترین نوع در بین اتمایزهای موجود در صنعت هستند. در این نوع از اتمایزها، سیال با فشار و سرعت بالا از سوراخ ریزی به داخل محیط گازی ساکن تزریق می‌شود. انرژی پتانسیل به کمک خود سیال حمل و پس از تزریق به انرژی جنبشی تبدیل شده و موجب فروپاشی سیال می‌شود. سیال خروجی از نازل فشاری اغلب به شکل مخروط توخالی، توپر و صفحه‌ای قابل مشاهده است. هر یک از شکل‌های مذکور مستلزم ساختار داخلی متفاوت در نازل است. از دیدگاه ساختار داخلی نازل، اتمایزهای فشاری به چهار گروه عمده تقسیم می‌شوند :

- نازل چرخشی² - در این نوع نازل، سیال به صورت چرخشی از دیواره داخلی نازل عبور کرده و در نهایت به دلیل ممنتم چرخشی که دارد به صورت مخروط توخالی از دهانه نازل خارج می‌شود. افشانه موجود در موتورهای تزریق مستقیم بنزینی³ (GDI) از این نوع است.
- نازل تخت⁴ - در این مدل یک شکاف با طول زیاد و عرض کم سبب ایجاد پاشش می‌شود. نمونه ساده‌ای از این نوع افشانه Flat – Fan است؛ در حقیقت تخت بودن محفظه خروجی این افشانه سبب خروج سیال به صورت صفحه‌ای می‌شود.

¹ Single-Fluid Atomizer

² Swirl

³ Gasoline Direct Injection

⁴ Flat Type