دانشگاه تربیت مدرس

پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک

طراحی انژکتور دوپایهٔ مایع- مایع

استاد راهنما:

استاد مشاور:

تهیه کننده:

چکیده

انژکتورهای دوپایه دارای محاسن زیادی هستند که باعث شده است کاربرد زیادی در صنایع موشکی داشته باشند. در صورت استفاده از این انژکتورها اختلاط بین سوخت و اکسیدکننده به نحو بسیار مناسب‌تری صورت می‌گیرد. این امر باعث بهبود کیفیت احتراق و کاهش ناپایداری احتراق می‌شود. علاوه بر این به علت این که در انژکتورهای دوپایه سوخت و اکسید، هر دو از یک انژکتور خارج می‌شوند، می‌توان بدون افزایش قطر صفحه‌انژکتور دبی بالاتری از سوخت و اکسید به دست آورد. به همین دلیل می‌توان به تراست بالاتری دست یافت. در صورت ثابت بودن دبی، می‌توان قطر محفظهٔ احتراق را کاهش داد. علاوه بر اینها انژکتورهای دو پایه این امکان را به ما می‌دهد که کنترل بیشتری روی نسبت $\frac{O}{F}$ (نسبت اختلاط) موضعی داشته باشیم.

انژکتورهای گریز از مرکز به علت مزایائی که دارند امروزه به طور وسیعی در صنایع موشکی مورد استفاده قرار میگیرند. از جمله استفاده این نوع انژکتورها کاربرد آنها در ساخت انژکتورهای دوپایه است. اغلب انژکتورهای دوپایه مایع- مایع از سیستم گریز از مرکز استفاده می‌کنند. از مزایای اصلی این انژکتورها قابلیت تولید چتر پاشش با زاویهٔ پاشش زیاد و ایجاد قطره‌های با قطر بسیار کوچک است.

در این رساله اصول اساسی محاسبات انژکتورهای گریز از مرکز ، مورد اشاره قرار گرفته و بر اساس آن و با کمک نتایج آزمایشگاهی، روش طراحی انژکتورهای گریز از مرکز (که انژکتورهای دوپایهٔ مایع- مایع، اغلب از این نوع هستند) به صورت مرحله‌بندی شده، آورده شده است. سپس شرایط خاص مربوط به انژکتورهای دوپایه مایع- مایع، مورد بررسی قرار گرفته و نحوهٔ تأثیر این شرایط در محاسبات طراحی آورده شده است. همچنین برخی رفتارهای انژکتور در شرایط مختلف کاری و همچنین تأثیر دو چتر پاشش بر روی یکدیگر را در انژکتور دوپایه مورد بررسی قرار گرفته است. بر اساس روش طراحی گفته شده در این رساله یک کد کامپیوتری تنظیم کرده‌ایم که کار طراحی را انجام می‌دهد. با استفاده از این کد چند نمونه انژکتور را طراحی کرده و ساختیم و بعد از آن مورد آزمایش قرار دادیم که نتایج آن در این رساله آورده شده است.

کلیدهای واژه

انژکتور، پودر کننده، پاشش، اسپری، انژکتورهای هم‌محور، انژکتورهای دوپایه، انژکتورهای دومؤلفه‌ای، انژکتورهای مایع- مایع، انژکتورهای گریز از مرکز

فصل ۱) مقدمه ۱

فصل ۲) انژکتور در موتور راکت ۶

۲-۱) انژکتور دوپایه ۱۲

فصل ۳) تئوری انژکتورهای گریز از مرکز ۱۵

۳-۱) تئوری انژکتور ایده‌ال ۱۶

۳-۲) اصل حداکثر دبی ۲۶

۳-۳) تأثیر خواص مایع بر مشخصات هیدرولیکی انژکتور ۳۱

۳-۳-۱) شرایط جریان در ورود به محفظهٔ چرخش ۳۳

۳-۳-۲) جریان مایع در محفظهٔ چرخش ۴۰

۳-۳-۳) جریان در نازل انژکتور ۵۲

۳-۴) مراحل طراحی انژکتور گریز از مرکز ۵۸

فصل ۴) محاسبات انژکتور دوپایه ۶۴

فصل ۵) تأثیر خطای ساخت و دمای زیاد بر دبی انژکتور ۷۰

۵-۱) دقت در ساخت انژکتورهای گریز از مرکز ۷۱

۵-۲) تغییرات ضریب دبی در دمای بالا ۷۳

فصل ۶) برخی رفتارهای چتر پاشش ۷۶

فصل ۷) برنامهٔ کامپیوتری برای طراحی انژکتور ۸۶

فصل ۸) نتایج طراحی یک انژکتور دوپایهٔ نمونه ۱۱۷

۸-۱) ابعاد قسمتهای اصلی انژکتور ۱۱۸

۸-۲) مونتاژ و بریز ۱۲۰

۸-۳) تست انژکتور ۱۲۱

۸-۴) پیش بینی حداکثر خطای دبی در انژکتورها ۱۳۵
۸-۵) نتایج تست ۱۳۶
فصل۹) نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۴۲
منابع ۱۴۳
ضمیمه ۱۴۵

لیست نمادها و متغیرها

A	- مشخصهٔ هندسی انژکتور
A_D	- مشخصهٔ عملکردی انژکتور
A_e	- مشخصهٔ معادل انژکتور
C_c	- ضریب فراخی انژکتور
D,d	- قطر
E	- انرژی
F	- مساحت
G	- کل دبی جرمی انژکتور
K_m	- نسبت دبی جرمی اکسید به سوخت در انژکتور
L	- طول
M	- اندازه حرکت زاویه‌ای
m	- دبی جرمی
n	- تعداد سوراخهای ورودی به انژکتور
$\frac{O}{F}$	- نسبت اختلاط اکسید و سوخت
p	- فشار موضعی
ΔP	- اختلاف فشار انژکتور
Q	- دبی حجمی
R	- بازوی چرخش
Re	- عدد رینولدز
r	- شعاع ، فاصلهٔ شعاعی از محور انژکتور
V_u	- سرعت مماسی
V_m	- سرعت شعاعی
w	- سرعت محوری
α	- زاویهٔ چتر پاشش
δ	- ضخامت جریان مایع
λ	- ضریب اصطکاک
μ	- ضریب تخلیه
ν	- ویسکوزیتهٔ سینماتیکی
ρ	- چگالی مایع
φ_c	- ضریب انقباض
ε	- ضریب تغییر شکل جریان در محفظهٔ چرخش
ξ_{Bx}	- ضریب افت فشار کانالهای ورودی به انژکتور

ζ_c - ضریب افت فشار در نازل انژکتور

لیست اندیس‌ها

Bx - مربوط به سوراخهای ورودی انژکتور

c - مربوط به نازل

F - مربوط به سوخت

k - مربوط به محفظهٔ چرخش

o - مربوط به اکسید کننده

فصل ۱

مقدمه

۱) مقدمه

دستگاههائی که از آنها جهت پودرکـردن مایعـات اسـتفاده می‌شـود (انژکتورهاوپودرکننده‌هـا) دارای کاربردهای گسترده‌ای در صنعت می‌باشند. علی‌رغـم سـاختمان بسـیار متفـاوت، انژکتورهـا را می‌توان بنابر کاربردشان، طبقه‌بندی نمود. انژکتور دستگاهی است برای تبدیل مایعات به قطرات ریـز فراوان وپخش این قطرات درفضـای مـورد نظـر. تجزیـهٔ مـایع مکـانیزم پیچیـده‌ای دارد و بـه عوامـل خارجی و داخلی بسیاری وابسته است. به طور کلی ایـن تجزیـه از سـطح مـایع و بواسـطه نیروهـای اثرودینامیکی شروع می‌شـودکه انـدازه بزرگـی آنهـا بـه سـرعت جریـان و غلظـت گـاز بسـتگی دارد. نیروهای آثرودینامیکی سعی در درهم‌شکستن و متوقف ساختن جریان دارنـد، امـا نیروهـای کشـش سطحی، درمقابل آن مقاومت می‌کنند. ازآنجا که عوامل خارجی در اکثر مواقع، عواملـی تعیـین کننـده در تجزیه جریان به شمار می‌روند، به هنگام طبقه‌بندی انژکتورهـا، بـاید انتقـال مـایع بـه محیطهـای گازی متفاوت رابه طور اختصاصی مورد بررسی قرارداد.

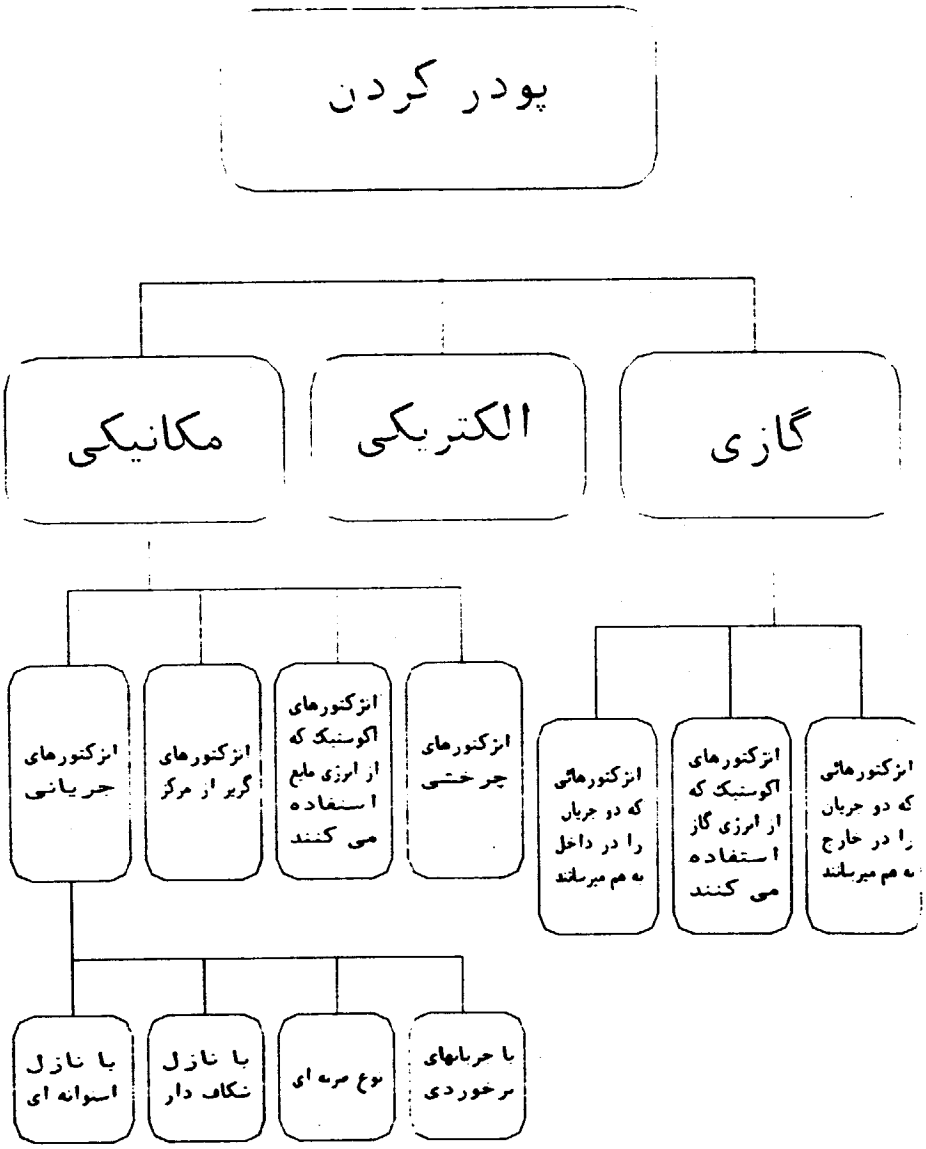
روشهای متفاوتی برای اتمیزاسیون مایع وجود دارد. در روش اول پودرکردن (روش مکـانیکی) مایع به خارج و به محیط گـازی سـاکنی جریـان می‌یـابد. در روش دوم (روش پنیومـاتیک) مـایع بـه آهستگی وارد جریان گاز متحرک می‌شود. بدین‌ترتیب‌درروش اول از انرژی سینتیک مایع، ودر روش دوم از انرژی سینتیک گاز استفاده می‌شود. همچنین میتوان از حالت ترکیبی ایـن دو روش بهـره بـرد. بهنگام استفاده از روش الکتریکی که روش سوم تجزیه است، جریان مایع در یک میـدان مغناطیسـی قرار می‌گیرد. تحت تأثیر این جریان، در سطح مایع تغییراتی از فشار به وجود می آیدکه شکل جریان را از بین برده، باعث کـاهش استحکام و در نتیجـه ازهـم پاشـیدگی آن شـده و تولیـد قطـره میکنـد. درتصویر ۱-۱ طبقه‌بندی دستگاههای پودرکننده مایعات داده شده است. سـاده ترین انژکتور که بـرای پودر کردن از روش مکانیکی استفاده می کند، دارای نازلی با دهانه استوانه‌ای شکل است کـه مـایع از

آن به خارج جریان می‌یابد و نزدیک به قسمت بالائی با زاویه کمی، مخروط پاشش را تشکیل می‌دهد. در صورتی که نازل، شکاف دار ساخته شود، به هنگام خروج جریان از انژکتور نوار مسطحی از مایع تشکیل می‌شود.

یکی از انواع انژکتور که با جریان مایع کار می‌کند، انژکتور با جریانهای برخوردی میباشد. از نقطه برخورد دو جریان، مایع بصورت شعاعی به بیرون پاشیده میشود و پس از تشکیل نوار به قطرات ریزی تبدیل میشود. در انژکتور نوع ضربه‌ای جریان مایعی که از نازل به بیرون راه می‌یابد، با دیوارهٔ کوچک ومحکمی برخورد میکند. در این زمان است که پدیدهٔ تفرق صورت میگیرد. در انژکتورهائی که با نیروی گریز از مرکز کار میکنند، مایعی که در محفظهٔ چرخش، چرخش مورد نظر را بدست آورده است، به شکل نوار باریکی از نازل خارج شده و مخروط پاشش را تشکیل میدهد. نوار بدست آمده تحت تأثیرمحیط گازی اطراف و سایر اغتشاشات به قطرات ریز تبدیل میشود. در انژکتورهای گازی یا پنیوماتیک جریان مایع به آهستگی وارد جریان شدید گاز میشود. در سطح تماس گاز و مایع امواج ناپایداری تشکیل می‌گردد و جریان از هم پاشیده شده و به قطرات ریز تبدیل میشود. جریان یا نوار مایع میتواند تحت زاویه‌ای خاص به سمت جریان شدید گاز هدایت شود. در این هنگام مایع بواسطهٔ جریان هوا شکل خود را از دست داده و به قطرات ریز تبدیل میشود. در انژکتورهای چرخشی، نوار مایع باریکی که به هنگام چرخش دیسک یااستوانه به وجود می‌آید، استحکام خود را از دست داده و از هم پاشیده میشود. در انژکتورهای آکوستیک که انرژی خود را از مایع بدست می‌آورند، نوار مایع تحت تأثیر نوسانات عمودی غشاء آلتراسونیک (ماوراءصوت) قرارگرفته و شکسته میشود. بر سطح مایعی که به سمت غشاء مرتعش آلتراسون جریان دارد، امواج عمودی به وجود می‌آیند که بر اثر آن ناپایداری ایجاد شده و سطح مایع شکسته می‌شود. در انژکتورهای آکوستیکی که انرژی خود را از گاز به دست می‌آورند، جریان (نوار مایع) که از روزنه یا شکافی بیرون می آید، تحت تأثیر ارتعاشات آکوستیک گازی قرار می‌گیرد که این ارتعاشات بوسیلهٔ منبع مولد موج تولید میشود.

حال به بررسی زمینه های مختلف کاربرد این دستگاهها می پردازیم. از انژکتورهای روزنه‌ای یا شکافی در موتورهای پیستونی درون سوز استفاده می‌شود. در نتیجه فشار زیاد سوخت مایع به هنگام ورود و زاویهٔ کم مخروط پاشش، استفاده از این نوع انژکتورها در توربین گازی و موتورهای جت بامشکل همراه است. این نوع انژکتورها راهمچنین در وسائل آتش‌نشانی تعبیه می‌نمایند. انژکتورهای نوع ضربه‌ای رادرمحفظهٔ موتورهای توربین گازی به کارمی‌برند. ازانژکتورهای گریز ازمرکزدرمحدودهٔ وسیعی‌دردستگاههای‌جدیدی که‌با توربین گازی کارمی‌کنند،موتورهای‌جت، محفظهٔ

احتراق، ابزار آلات صنایع شیمیائی و بسیاری از وسائل دیگر استفاده می‌شود. گسترش وسیع کاربرد انژکتورهای گریز از مرکز، به خاطر سادگی ساختمان، قابل اطمینان بودن و مؤثر بودنشان در پودر کردن مایعات وقابل حصول بودن چتر پاشش دلخواه در آنهاست. از انژکتورهای چرخشی به طور اعم در صنایع شیمیائی جهت پودر نمودن مایعات مختلف وسوسپانسیونها استفاده می‌شود. انژکتورهای گازی یا پنیوماتیک درموتورهای درونسوز همچون کاربراتورها و موتورهای جت و نیز در دستگاههای مختلف صنعتی به کار گرفته می‌شوند. اما برای بدست آوردن کیفیت مطلوب پودر شدن در موتورها ناگزیر از حجم هوای بسیاری هستیم که در این صورت باید کمپرسور مکمل تعبیه



تصویر ۱-۱ - نمایش دسته‌بندی انواع روشهای پودر کردن

شود و سیستم پیچیده‌تر گردد. انژکتورهای آلتراسونیک در دستگاههای مختلفی نظیر رآکتورها وخشک‌کن‌ها به کار برده می‌شوند.

سیستمهای پودر کردن الکتریکی مایعات نیز جای خود را در بخشهای مختلف صنعت از جمله رنگرزی به روشهای پودر کردن و خشک کردن مواد باز نموده‌اند، که در این حالت حجم تجهیزات الکتریکی زیاد می‌شود. بر اساس طبقه بندی روشهای تبدیل مایعات به پودر می‌توان به نتیجه‌گیریهای زیر دست یافت.

۱- مایع درست قبل از پودر شدن باید دارای چنان شکلی از جریان باشد که در آن حالت انرژی سطحی به بیشترین میزان خود برسد. به عبارت دیگر باید دارای چنان شکل ناپایداری باشد که به سرعت متلاشی گردد.

۲- در تمامی روشهای بررسی شده، جهت پودر کردن مایع، عمل اتمیزاسیون مایع، مشروط به از بین رفتن پایداری سطحی جریان چه در شکل استوانه‌ای و چه نواری آن است. همچنین پیدایش امواج ناپایداری در بالادست جریان در این کار تأثیر بسزائی دارد.