دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی مکانیک- تبدیل انرژی

مطالعه عددی رفتار افشانه سوخت موتورهای دیزل تحت تاثیر پدیده کاویتاسیون در مجرای انژکتور با نسبت های L/D مختلف

استاد راهنمای اول :

دکتر محمد تقی شروانی تبار

استاد راهنمای دوم :

دکتر اسدالله محمدی کوشا

استاد مشاور :

دکتر سید اسماعیل رضوی

پژوهشگر :

فراز میرسلطانی

تابستان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

نام خانوادگی دانشجو: میرسلطانی **نام:** فراز

عنوان پایان‌نامه: مطالعه عددی رفتار افشانه سوخت موتورهای دیزل تحت تاثیر پدیده کاویتاسیون در مجرای انژکتور با نسبت های L/D مختلف

استاد راهنما: دکتر محمد تقی شروانی تبار

استاد راهنمای دوم: دکتر اسدالله محمدی کوشا

استاد مشاور: دکتر سید اسماعیل رضوی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** مهندسی مکانیک **گرایش:** تبدیل انرژی **دانشگاه:** تبریز

دانشکده: فنی و مهندسی مکانیک **تاریخ فارغ التحصیلی:** شهریور ۱۳۹۰ **تعداد صفحه: ۱۰۴**

کلید واژه: افشانه سوخت، موتور دیزل، انژکتور، کاویتاسیون، طول نفوذ افشانه سوخت، زاویه مخروطی افشانه سوخت، جریان دو فازی، روش DDM .

چکیده:

وقوع پدیده کاویتاسیون در مجرای انژکتور سوخت موتورهای دیزل تاثیر مهمی بر رفتار افشانه سوخت دارد. در گذشته پدیده کاویتاسیون در مجرای انژکتور سوخت با نسبت های مختلف طول به قطر مطالعه شده است . در این پایان نامه رفتار افشانه سوخت بعد از فوران آن از مجرای انژکتور تحت تاثیر پدیده کاویتاسیون حاصل در مجرای انژکتور سوخت مورد مطالعه قرار خواهد گرفت. مطالعه حاضر به صورت عددی بوده و از نرم افزار AVL FIRE V8.5 استفاده خواهد شد. پارامترهای مورد مطالعه در رفتار افشانه سوخت عبارتند از :

۱- توزیع جرمی افشانه سوخت در زمان های مختلف پاشش

۲- توزیع میدان سرعت افشانه سوخت در زمان های مختلف پاشش

۳- زاویه پاشش افشانه سوخت در زمان های مختلف پاشش

۴- طول نفوذ افشانه سوخت در محفظه احتراق در زمان های مختلف پاشش

بدیهی است که رفتار افشانه سوخت تاثیر مستقیم در احتراق موتور داشته ودر نتیجه تاثیر مستقیم در قدرت موتور و کنترل آلاینده ها خواهد داشت.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲

فصل ۱ **۷**

مقدمه و پیشینه پژوهش **۷**

۱-۱. تاریخچه ۸
۱-۲. پیشینه پژوهش ۹
۱-۳. سیستم سوخت رسانی انژکتوری ۱۲
۱-۳-۱. انواع سیستم های تزریق ۱۳
۱-۳-۲. انواع نازل ها ۱۷
۱-۴. مزایای سیستم سوخت رسانی انژکتوری ۱۹
۱-۴-۱. کاهش مصرف سوخت ۱۹
۱-۴-۲. قابلیت شتاب گیری سریع تر ۱۹
۱-۴-۳. قابلیت استارت بهتر در هوای سرد ۲۰
۱-۴-۴. آلودگی خروجی کمتر ۲۰
۱-۵. پاشش سوخت ۲۰
۱-۶. مخلوط سوخت- هوا ۲۱
۱-۶-۱. فشار پاشش ۲۱
۱-۶-۲. حرکت چرخشی هوای ورودی ۲۲
۱-۶-۳. مدت زمان پاشش ۲۲
۱-۶-۴. اثر شکل نازل ۲۲
۱-۷. رژیم های فروپاشی جت مایع ۲۳
۱-۸. رژیم های فروپاشی قطره های مایع ۲۷
۱-۸-۲. رژیم فروپاشی Stripping ۲۹
۱-۹. مشخصات و ساختار افشانه مخروطی کامل ۳۰
۱-۹-۲. طول نفوذ افشانه ۳۲
۱-۹-۳. زاویه مخروط افشانه ۳۴
۱-۹-۴. میانگین اندازه قطرات افشانه **SMD** ۳۵
۱-۱۰. ساز و کار فروپاشی اولیه ۳۶
۱-۱۰-۲. رشد امواج سطحی در ا ثر نیروهای آیرودینامیک ۳۷

۱-۱۰-۳. آشفتگی ۳۸
۱-۱۰-۴. تغییر ناگهانی پروفیل سرعت ۳۸
۱-۱۰-۵. کاویتاسیون ۳۹
۱-۱۰-۶. برخورد افشانه به دیواره و اثر متقابل افشانه – دیواره ۴۰
۱-۱۰-۷. توصیف پدیده کاویتاسیون ۴۱
۱-۱۰-۸. فرایند بروز پدیده کاویتاسیون در روزنه نازل انژکتور ۴۳
۱-۱۰-۹. عدد کاویتاسیون ۴۶
۱-۱۰-۱۰. تاثیر کاویتاسیون بر زاویه مخروط افشانه ۴۷
۱-۱۰-۱۱. تاثیر کاویتاسیون بر کیفیت احتراق سوخت ۴۹

فصل۲ **۵۰**

مواد و روش ها **۵۰**

۲-۱. شبیه سازی افشانه سوخت ۵۱
۲-۲. معادلات حاکم ۵۱
۲-۲-۲. معادلات مومنتوم برای ذرات ۵۲
۲-۳. مدل همگن برای شبیه سازی جریان داخل نازل ۵۴
۲-۳-۱. معادلات بقا برای مدل همگن ۵۵
۲-۳-۲. معادله بقا مومنتوم ۵۶
۲-۴. مدل های گوناگون ۵۸
۲-۴-۱. مدل نازل دیزل ۵۸
۲-۴-۲. مدل برهم کنش ذرات ۶۱
۲-۴-۳. مدل فروپاشی اولیه ۶۱
۲-۴-۴. مدل فروپاشی ثانویه ۶۳
۲-۴-۵. مدل آشفتگی ۶۳

فصل۳ **۶۴**

بحث و نتایج **۶۴**

۳-۱. مقدمه ۶۵
۳-۲. مراحل حل ۶۶
۳-۲-۱. ایجاد هندسه ۶۷
۳-۲-۲. شبکه بندی ۶۷
۳-۲-۳. تعریف مدل مورد نظر برای کد و اجرای آن ۶۸
۳-۳. نتایج و مباحث مربوط به مدل اول ۷۰

۳-۳-۱. تعیین شبکه بندی مناسب و اعتبار دهی به نتایج ۷۰
۳-۳-۲. اثر L/D بر SMD و طول نفوذ افشانه ۷۲
۳-۳-۳. مقایسه کانتور های چگالی در زمان های مختلف پاشش سوخت برای L/D های گوناگون۷۴
۳-۳-۴. مقایسه کانتور های سرعت در زمان های مختلف پاشش سوخت برای L/D های گوناگون ۸۰
۳-۳-۵. تاثیر L/D بر زاویه مخروطی ۸۷
۳-۳-۶. کانتورهای توزیع جرمی در زمان و L/D های متفاوت ۸۸
۳-۴. مشاهده کاویتاسیون در نازل انژکتور ۸۹
۳-۵. اعتبار دهی به مدل دوم ۹۲
۳-۵-۲. تاثیر L/D بر روی افشانه سوخت ۹۳
۳-۵-۳. کانتورهای توزیع جرمی در زمان و L/D های متفاوت ۹۵
۳-۵-۴. مقایسه زاویه مخروطی در L/D های متفاوت در طی زمان پاشش ۹۶
۳-۶. شار مومنتوم ۹۷
۳-۷. مقایسه دو مدل تحلیل شده ۹۹
مزایا و معایب مدل بی نازل ۹۹
مزایا و معایب کوپل کردن مدل با نازل ۹۹
۳-۸. نتیجه گیری ۱۰۰
۳-۸-۱. پیشنهاد برای کارهای آتی ۱۰۱

فصل۱

مقدمه وپیشینه پژوهش

۱-۱. تاریخچه

موتورهای انژکتوری با سیستم سوخت تزریقی ابتدا برای موتورهـای دیزلـی اختـراع شـد و توسط آلمانی ها و به دستور هیتلر اصلاح گردید تا بتواند مـورد اسـتفاده موتـور هواپیمـا هـای ارتش هیتلر قرار گیرد .

می توان گفت که موتور کاربراتوری به نمونه انژکتوری برتـری و ارجعیـت دارد . ولـی عـدم استفاده از کاربراتور و انتخاب انژکتور توسط آلمانی ها به این دلیل بود که استفاده از کـاربراتور در هواپیما در مناطق نا مناسب تمایل زیاد بـه تولیـد یـخ دارد وهمچنـین امتیـاز دیگـر انـواع انژکتوری تاثیر ناپذیر بودن عملکرد آن در حین انجام مانورهای جنگی خطر ناک بود .

تبدیل یک سیستم انژکتوری دیزل به سیستمی که بنزین استفاده کند کـاری بـس مشـکل است چون سوخت گازوییل که یک روغن سبک وزن می باشد باعث می شود که نـوعی روغـن کاری بین پمپ ها و سیلندر های سیستم انژکتوری انجام شود . در مقابل ، بنزین سوختی بـی نهایت خشک است وبه کلی فاقد هر گونه قابلیت روغن کاری می باشد . بنـابراین در تبـدیل از گازوییل به بنزین نیاز به یک تحقیق بسیار دقیق در زمینه فلزهای مورد استفاده در سـاختمان پیستون ها و سیلندرها دارد که نتیجه چنین عملی گران شدن هزینه ساخت می باشد .

مزایای سیستم تزریقی عبارتست از :

۱- راندمان حجمی زیاد موتور
۲- مصرف سوخت ویژه قابل قبول موتور
۳- گشتاور زیاد موتور با دور کم
۴- احتراق کامل
۵- شتاب گیری سریع موتور

۱-۲. پیشینه پژوهش

نظریه پردازان تلاش کردند یک نظریه در مورد فروپاشی افشانه سوخت ایجاد کنند. به همین علت آزمایشات فراوانی در این زمینه انجام دادند. به طور کلی آنها زاویه مخروطی افشانه، طول نفوذ، اندازه قطره ها را در شرایط گوناگون سرعت تزریق، هندسه نازل، فشار تزریق، چگالی و دمای محیط اندازه گرفتند. از این مطالعات می توان به مطالعات زیر اشاره کرد:

نام	سال
Mc Carthy and Malloy	1974
Reitz	1978
Wu et al	1983
Arai et al	1984
Ruiz	1987
Ohrn et al	1991
Karasawa et al	1991
Ruff et al	1992
Dodge et al	1992

بخشی از مشکلاتی که در این زمینه مطالعات ایجاد می شود از این واقعیت ناشی می گردند که تغییر سرعت در داخل نازل به طور همزمان باعث تغییر ساختار جریان داخلی و تغییر آیرودینامیک جریان خارجی نیز می شود. Hiroyasu و همکاران در سال ۱۹۹۱ این رفتار را به کاویتاسیون و هیدرولیک فلیپ ارتباط داد (جدایش کامل جریان از دیواره های نازل). به منظور تمرکز بر روی اثر نازل Karasawa و همکاران در سال ۱۹۹۱، هندسه نازل و سرعت جریان را داخل نازل تغییر داد و مشاهده نمود که نمودار لگاریتمی قطر قطره ها بر مبنای سرعت یک خط راست نزولی را تشکیل می دهد. Karasawa به این امر پی برد که هر نازل نمودار مخصوص به خودش را دارد و این رخداد را اکثرا به نازل های کوتاه با ورودی تیز نسبت داد و

دلیل این اتفاق را تاثیر ناحیه انقباض جریان نازل بر روی تشکیل قطـرات دانسـت. Karasawa سرعت میانگین نازل را با استفاده از ضریب تخلیه هر نازل تصحیح نمود. قطر به دست آمده بـا استفاده از این ضریب دارای خطای کمتری بود.

به دلیل اینکه جریان توسط نازل به افشانه سوخت متصل می شـود مطالعـات بیشـتری بـر روی پدیده کاویتاسیون تمرکز کردند، به عنوان مثال می توان از مطالعات زیر نام برد:

Bergwerk [1959], Hiroyasu et al [1991], Arai et al [1994] and Bode [1991]

که تمامی آنها به اهمیت پدیده کاویتاسیون برروی افشانه سوخت توجه خاصی نشـان داده اند. و همچنین کارهای تجربی نیز در این زمینه انجام داده اند.

Arai et al[1991], Hiroyasu et al [1991], Bode[1991] and Soteriou et al[1995]

در تمامی این کارها به این امر اشاره شده است که با آغاز کاویتاسیون، رفتار افشانه سـوخت به طرز چشمگیری تغییر کرده و هر کدام از آنها اشاره کرده اند که با حضور کاویتاسیون زاویـه مخروطی افشانه افزایش و طول فروپاشی جت کاهش پیدا می کند. در تمـام ایـن مطالعـات از نازل شفاف برای مشاهده کاویتاسیون استفاده شده است.

Soteriou وArai و همکارانشان تحقیقاتشان را برروی دو نوع مختلف نازل با ابعاد بزرگ شده و ابعاد واقعی انجام دادند در حالی که Bode به تحقیق با جزئیات برروی نازل با ابعاد واقعی پرداخت. هدف از بررسی جریان داخل انژکتور بررسی تاثیرات آن بر روی افشانه سوخت می باشد. یکی از اولین پیشرفت های عمده در درک فروپاشی افشانه سوخت، توسعه دادن یک مدل ریاضی می باشد.

Arcomanis و همکاران در سال ۱۹۹۷ یک مدل چند بعدی افشانه سوخت ایجاد کـرد کـه شامل اثرات گسترده ای از بالا دست بود. آنها تجهیزات تزریق سوخت را با استفاده از مدل یک بعدی گذرا شبیه سازی کردند. مدل آنها تغییرات سریع فشار را در داخل پمـپ، خـط سـوخت رسانی و انژکتور محاسبه می کرد. آنها از یک رابطه برای محاسبه ضریب تخلیه هر نازل به طور جداگانه استفاده می کردند. رابطه آنها شامل اثرات زاویه سوراخ، طول آن، شعاع ورودی و تاثیر کاویتاسیون بود. ضریب تخلیه برای پیش بینی جریان داخل نـازل و محاسـبه سـطح مقطـع و

سرعت موثر جت خروجی مورد استفاده قرار می گرفت.

آنها فرض کردند که حباب های حاصل از کاویتاسیون که از نـازل خـارج مـی شـوند دارای شعاعی حاصل از اختلاف شعاع نازل و شعاع جت موثر می باشند. آنها زمان فروپاشی حباب هـا را با استفاده از معادله رایلی برای قطرات کروی شکل تخمین زدند.

Hyun kyu suh و همکاران در سال ۲۰۰۸ در مطالعه خود آثار کاویتاسیون برروی مشخصه های اتمیزه شدن سوخت دیزل را در هندسه های مختلف در ابعاد بـزرگ شـده نـازل بررسـی کرده است. در این مطالعه تجربی مشاهده پدیده کاویتاسیون و برخی از مشخصه های سـوخت از قبیل قطر قطره ها و میانگین سرعت قطره ها انجام گرفته است. نتایج این تحقیق نشان داده است که رژیم کاویتاسیون در چه محدوده ای از فشار و ضریب تخلیه رخ می دهد و با بررسـی نتایج مشاهده کردند که نازل با طول بزرگتر اثر بیشـتری بـر روی اتمیـزه شـدن سـوخت مـی گذارد. آنها سـه رژیـم مختلـف را در داخـل نـازل مشـاهده کردنـد. رژیـم توربولانسـی، رژیـم کاویتاسیونی و رژیم هیدرولیک فلیپ.

F.J.Salvador و همکاران در سال ۲۰۱۰ بـه بررسـی عـددی کاویتاسـیون در انژکتورهـای موتور دیزل در دو هندسه مختلف پرداخت و با معرفی یک مدل حـل عـددی و مقایسـه آن بـا نتایج تجربی و اعتبار دهی به مدل خود، اطلاعات لازم را در خروجـی نـازل بـه دسـت آورده و روند تشکیل کاویتاسیون را نشان دهد.

Jian Geo و همکاران در سال ۲۰۱۰ به بررسی تجربی و عددی نازل های چنـد سـوراخه و تک سوراخه پرداخته اند. در این مطالعه ابتدا با استفاده از داده های تجربی فراوان مدل خود را اعتبار دهی کردند. در این مدل از روش LDEF[1] برای مدل سازی عددی استفاده شده. نازل دو سوراخ با زوایای مختلف بین آنها همراه با نازل تک سوراخ در شرایط تبخیری و غیر تبخیری در نظر گرفته شده، همچنین افشانه آزاد و اثر برخورد با دیواره نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

[1] Lagrangian Drop Eulerian Fluid

Wang Changyuan Liu Fushui Li Xiangrong در سال ۲۰۱۰ به تحقیقات تجربی بر روی شاخصه های افشانه غلیظ موتور دیزل پرداخت. در این تحقیق از انژکتور متعلق به کمپانی BOSCH استفاده شده است. این نازل فقط دارای یک اوریفیس بوده، که قطر اوریفیس ۰/۱۸ میلیمتر ، و نسبت طول به قطر ۴ است. سیستم ریل مشترک فشار قوی BOSCHبه عنوان منبع فشار به کار می رود و فشار نهایی تزریق ۱۶۰MPa می باشد. سیستم جمع آوری داده ، سیستم همسان سازی ، سیستم جرقه و سیستم تصویر برداری سریع یا PIV را شامل می شود. این آزمایش در فشارهای ۸۰،۱۲۰،۱۶۰ MP و در چگالی محیط ۵۹/۹ MP صورت می گیرد. نتایج گرفته شده از این آزمایش عبارتند از:

چرخش در نزدیکی افشانه ، که از برهم کنش افشانه و گاز محیط ایجاد می شود، عامل مهمی در سرعت دهی به عمل اختلاط سوخت و گاز محیط محسوب می شود

فشار بالاتر در تزریق ، نفوذ افشانه را افزایش داده، اختلاط مابین افشانه و گاز محیطی را افزایش، و در نهایت اختلاط بین سوخت و گاز محیطی را سرعت می بخشد.

چگالی گاز محیط تاثیر بسیار زیادی در افشانه دارد. با افزایش چگالی گاز محیط ، سرعت و نفوذ افشانه کاهش می یابد.

۱-۳. سیستم سوخت رسانی انژکتوری

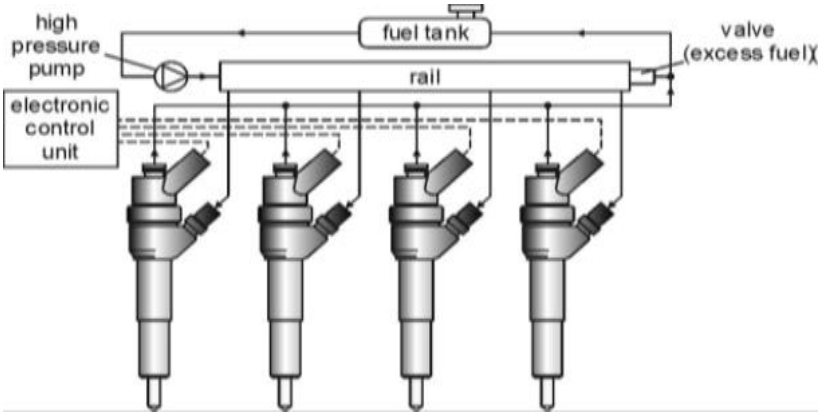
وظیفه سیستم تزریق سوخت دست یافتن به یک مرتبه اتمیزه شدن بالا به منظور تبخیر کافی سوخت در یک مدت زمان بسیار کوتاه و همچنین طول نفوذ[1] مناسب برای استفاده از حداکثر هوای محفظه احتراق می باشد. سیستم تزریق سوخت باید قادر باشد در یک زمان

[1] penetration

مناسب و با یک نسبت مناسب پاشش نماید. معمولا یک پمپ تغذیه سوخت را از منبع سوخت بالا کشیده و آن را بعد از عبور از یک فیلتر به پمپ تزریق فشار بالا می رساند. بسته بـه انـدازه موتور و کاربرد آن فشار تزریق بین ۱۰۰ MPa تا ۲۰۰ MPa می باشد. پمپ تزریـق فشـار بـالا سوخت را از طریق لوله های فشار بالا به نازل تزریق در بالای سیلندر می رساند.

۱-۳-۱. انواع سیستم های تزریق

امروزه دو نوع اصلی از سیستم تزریق فشار بالا موجود می باشد. در دسته اول که سیستم های تزریق ریل مشترک یا به اختصار (CRIS)[1] نامیده می شود. تولید فشار و تزریق سوخت با هم کوپل نیستند و فشار تزریق وابسته به سرعت موتور نمی باشد. در شکل۱-۱ سیستم تزریق ریل مشترک مشاهده می گردد. در مقایسه با سیستم هایی که به وسیله میل بادامک کار می کنند، این نوع سیستم توانایی انعطاف پذیری بیشتری در تزریق و تولید مخلوط سوخت-هوا دارد. سوخت فشار بالا که به وسیله پمپ تزریق فشار آن به اندازه کافی بالا رفته است در ریل مشترک جمع می شود. یک حس گر فشار، فشار داخل ریل را به وسیله یک شیر که جریان برگشتی به مخزن سوخت را کنترل می کند، در حد ثابتی نگه می دارد.

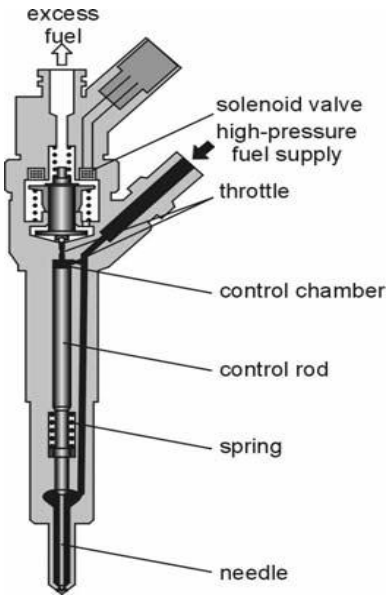


شکل۱-۱. سیستم تزریق ریل مشترک

[1] common rail injection systems

بنابر این فشار داخل ریل وابسته به سرعت موتور نبوده و همیشه در یک حد بهینه نگه داشته می شود. حجم ریل باید به اندازه کافی بزرگ با شدتا از نوسانات فشار در حین تزریق ممانعت به عمل آید. زمان بندی تزریق و نسبت آن به وسیله یک سوپاپ مغناطیسی کنترل می شود. سیستم تزریق ریل مشترک توانایی حفظ فشار تزریق در یک نقطه بهینه و انجام مناسبت مراحل پیش تزریق[1] (جهت کاهش صدا و NOx) تزریق اصلی[2] و تزریق پایانی[3] را با زمان بندی و نسبت مناسب در شرایط مختلف کارکرد موتور را دارد. شکل۱-۲ یک انژکتور نوع ریل مشترک را نشان می دهد که در آن حرکت سوزن به وسیله یک سوپاپ مغناطیسی کنترل می شود.

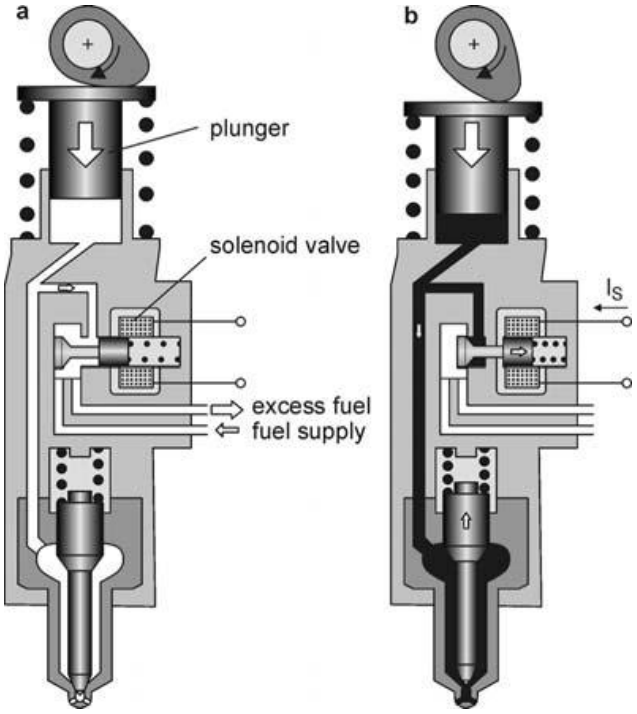
دسته دوم سیستم های تزریق، آنهایی هستند که ایجاد فشار تزریق به طور همزمان انجام می گیرند. این سیستم ها به وسیله میل بادامک که به طور مکانیکی به موتور کوپل می باشد کار می کنند. از مشخصه اصلی این سیستم ها تولید متناوب فشار است که در طی یک زاویه حرکت کوچک میل لنگ انجام می گیرد.



شکل۱-۲. نوعی از انژکتور ریل مشترک

[1] pre-injection
[2] main injection
[3] post-injection

در این سیستم ها که در اصطلاح به سیستم انژکتور واحد یا (UIS)[1] موسوم می باشد، پمپ نازل تزریق در یک واحد قرار می گیرند و هر سیلندر موتور دارای یک واحد مجزا می باشد که نیروی لازم را به وسیله یک بادامک دریافت می کند و در شکل۱-۳ نمونه ای از آن مشاهده می گردد.

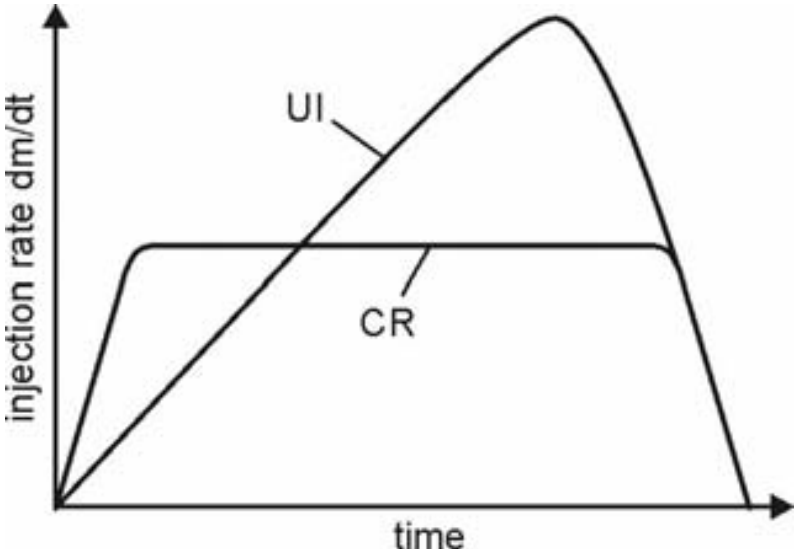


شکل۱-۳. انژکتور واحد

حذف لوله رابط فشار بالا بین پمپ و انژکتور امکان ایجاد فشار های بالا در حدود ۲۰۰ MPa و بیشتر را فراهم می سازد. شکل بادامک نحوه حرکت پیستون شناور [1] را تعیین می کند. بنابر این تولید فشار تابعی از زاویه میل لنگ می باشد.

[1] unit injector system

در شکل۱-۴ پروفیل تزریق بر حسب زمان برای دو نوع سیستم ذکر شده در بالا مشاهده می گردد. به دلیل افزایش ناگهانی فشار در سیستم UI شکل پروفیل آن مثلثی می باشد. در مقایسه با سیستم CRI که ماکزیمم فشار از ابتدای شروع تزریق فراهم می شود(در نتیجه مستطیلی بودن پروفیل نسبت تزریق، حداکثر اتمیزه شدن افشانه در طی تزریق رخ می دهد)، اتمیزه شدن افشانه در سیستم UI به طور قابل ملاحظه ای آهسته تر است و زمان تزریق را بالاتر می برد. به دلیل آن که حرکت پیستون شناور[1] مستقیما با موتور کوپل می باشد، ماکزیمم فشار تزریق با افزایش سرعت موتور افزایش می یابد. هر چند به دلیل تولید متناوب فشار در سیستم UI انعطاف پذیری آن در مقایسه با سیستم های CRI کمتر است. ولی با توجه به تولید فشار ماکزیمم بالا در انتهای تزریق دارای مزیت هایی می باشند (از جمله در بهبود کیفیت مخلوط و کاهش آلاینده ها) که سیستم های رایج CRI قادر به تولید چنین فشاری نیستند.

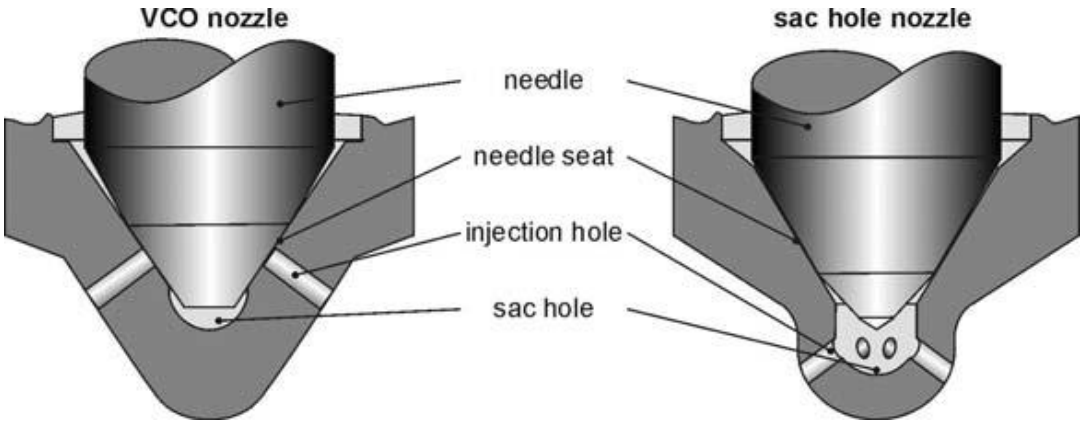


شکل۱-۴. پروفیل تزریق سوخت در سیستم های UI و CRI

[1] plunger

۱-۳-۲. انواع نازل ها

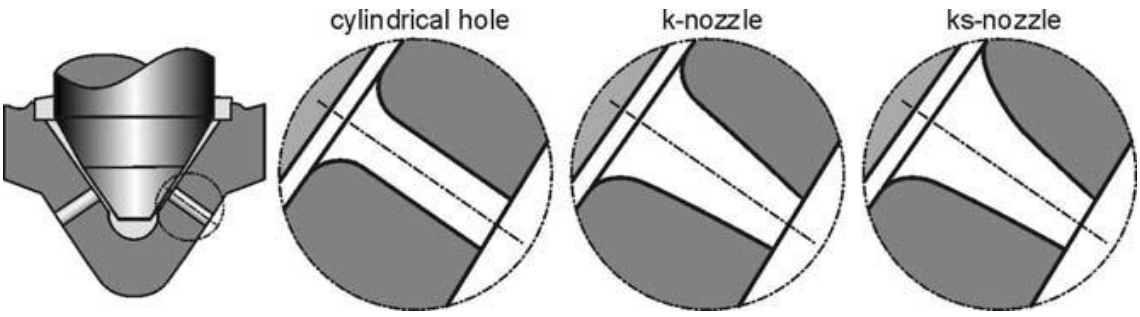
مهم ترین سیستم تزریق نازل آن می باشد که سوخت از طریق روزنه نازل به داخل محفظه احتراق پاشیده می شود. اندازه و تعداد روزنه های نازل بستگی به مقدار سوخت پاشیده شده، هندسه محفظه احتراق و حرکت چرخشی هوای داخل سیلندر[1]دارد. در موتورهای پاشش مستقیم[2] دو نوع اصلی نازل موسوم به Sac hole nozzle و نازل VCO[3] مورد استفاده قرار می گیرند (شکل ۱-۵). در مقایسه با نازل VCO، نازل Sac hole دارای یک حجم اضافی در زیر سوزن می باشد. به دلیل افزایش فاصله بین سوزن و روزنه تزریق حرکت گریز از مرکز یا شعاعی سوزن جریان سوخت در روزنه را تحت تاثیر قرار نمی دهد بنابر این یک افشانه بسیار متقارن حاصل می گردد. هرچند وجود حجم اضافی سوخت بین سوزن و محفظه احتراق می تواند باعث بروز مشکلاتی شود. بنابر این باید سعی شود که این حجم تا حد ممکن کاهش پیدا کند، زیرا این مقدار سوخت می تواند وارد سیلندر شود و باعث افزایش آلاینده ها گردد.



شکل۱-۵. انواع نازل ها

[1] swirl
[2] Direct injection
[3] Valve covered orifice

ورودی نازل معمولا به صورت دایره ای می باشد و امروزه بنا به کاربردهای مختلف از هندسه های متفاوتی برای روزنه نازل استفاده می گردد.



شکل۱-۶. هندسه های سوراخ نازل

نوع استوانه ای مستعد ایجاد بیشترین کاویتاسیون می باشد بنابراین افشانه حاصل از آن به سرعت دچار شکست شده و به همین دلیل واگرایی آن در مجاورت نازل بزرگ است و نفوذ افشانه کاهش پیدا می کند. در نوع مخروطی روزنه، کاویتاسیون به دلیل هندسه خاص روزنه کاهش می یابد. میزان همگرایی سطح مقطع مخروط به وسیله فاکتوری به نام K که به وسیله بوش تعریف شده است اندازه گیری می شود[۲۲].
رابطه ای که بوش برای K ارائه می دهد به صورت زیر است:

$$k = \frac{D_{inlet}[\mu m] - D_{exit}[\mu m]}{10} \qquad (۱-۱)$$

نوع دیگری از نازل مخروطی که دارای هندسه بهینه ای می باشد نازل KS می باشد که کاملا کاویتاسیون را متوقف می کند. در این نازل در مکان هایی که امکان وجود کاویتاسیون بیشتر است طراحی سطح مقطع به گونه ای است که امکان رخ دادن کاویتاسیون را به کلی از بین می برد. افشانه حاصل از این نازل دارای زاویه مخروط کم و نفوذ زیاد می باشد. تحقیقات بیشتر در

مورد هندسه نازل بر مشخصات اسپری توسط اسکوگر[1] و همکاران[۳۰]، کونیگ[2] و همکاران[۱۳] انجام گرفته است.

۱-۴. مزایای سیستم سوخت رسانی انژکتوری

۱-۴-۱. کاهش مصرف سوخت

این سیستم تمامی اطلاعات ضروری موتور کارکرد موتور نظیر سرعت موتور، بار موتور، درجه حرارت و میزان گشودگی دریچه گاز را جهت تطابق دقیق شرایط کارکرد دینامیکی یا ساکن مشخص کرده و بدین وسیله مقدار دقیق سوخت مورد نیاز موتور را تحت شرایط مشخص شده تامین می کند.

۱-۴-۲. قابلیت شتاب گیری سریع تر

تمام سیستم های انژکتوری خود را با تغییرات بار موتور در هر شرایط کارکرد، بدون هیچ وقفه ای مطابقت می دهند. این قابلیت در هر دو سیستم انژکتوری تک نقطه ای و چند نقطه ای وجود دارد.

[1] Schugger
[2] Konig

۱-۴-۳. قابلیت استارت بهتر در هوای سرد

مقدار دقیق سوخت مطابق با درجه حرارت موتور و سرعت استارت مشخص گردیده و امکان استارت سریع و پایداری سیستم موتور در دور آرام را فراهم می کند. در فاز گرم شدن موتور، سیستم دقیقا از مقدار مشخصی سوخت جهت راه اندازی سیستم و در پاسخگویی به نیاز دریچه گاز در تامین کمترین مقدار مصرف سوخت استفاده می کند.

۱-۴-۴. آلودگی خروجی کمتر

در این سیستم مخلوط سوخت - هوا تاثیر مستقیمی بر عمل تجمع گازهای خروجی از اگزوز خواهد داشت. در صورت کارکرد موتور با کمترین سطح آلودگی خروجی، سیستم تشکیل مخلوط سوخت – هوا بایستی نسبت این مخلوط را در حد ثابتی نگه دارد. دقت کارکرد این سیستم ها امکان ثابت نگه داشتن مقدار مخلوط سوخت – هوا را فراهم آورده است.

۱-۵. پاشش سوخت

سوخت از طریق روزنه نازل با اختلاف فشار زیاد بین وروردی و خروجی آن وارد محفظه احتراق می شود. وجود این اختلاف فشار لازم است تا سوخت بتواند با سرعت بالا وارد محفظه احتراق شود. بالا بودن سرعت سبب می شود که اولا سوخت به قطرات ریز اتمیزه شده و سریعا تبخیر شود. ثانیا در زمان اندک موجود بتواند محفظه احتراق را طی کرده، به طور کامل از هوای موجود در آن استفاده کند.