دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی مکانیک

پایاننامه

کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک (سیستم محرکه خودرو)

بررسی جریان در فیلتر هوای یک موتور احتراق داخلی SI

استاد راهنما:

دکتر سید اسماعیل رضوی

استاد مشاور:

دکتر اسماعیل اسماعیل زاده

پژوهشگر:

ناصر علی محمدزاده

بهمن ۱۳۹۰

نام خانوادگی دانشجو: علی محمدزاده اخی جهانی نام: ناصر

عنوان پایاننامه: بررسی جریان در فیلتر هوای یک موتور احتراق داخلی SI

استاد راهنما: دکتر سید اسماعیل رضوی

استاد مشاور: دکتر اسماعیل اسماعیل زاده

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی مکانیک گرایش: سیستم محرکه خودرو دانشگاه: تبریز

دانشکده: فنی مهندسی مکانیک تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۱۳۹۰ تعداد صفحه: ۶۳

کلید واژه ها: (واژه هایی که بیانگر موضوع پایاننامه است) فیلتر کاغذی، افت فشار، موتور احتراق داخلی

چکیده :

فیلتر هوای یک موتور احتراق داخلی، نقش مهمی در تامین هوای با کیفیت خوب و عاری از هر نوع آلودگی برای موتور، بر عهده دارد. قدرت تصفیه یک فیلتر رابطه مستقیمی با افت فشار جریان در آن دارد. در پژوهش حاضر، اندازه افت فشار و سایر پارامترهای جریان در عبور از فیلتر هوای پژو ۴۰۵، به صورت عددی و با کمک نرم افزار FLUENT، مدل شده است. با توجه به محاسبات انجام یافته، جریان، تراکم ناپذیر و آشفته در نظر گرفته شده است.مدلسازی جریان آشفته بر مبنای مدل $k-\epsilon$ استاندارد انجام یافته است. جملات همرفت نیز با روش فراباد مرتبه اول گسسته شده اند. همچنین در محیط متخلخل از سرعت فیزیکی به جای سرعت ظاهری استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشانگر افت فشاری بین 0.05% تا 1.9%، بسته به دور موتور، می باشد. با توجه به اینکه این مقدار افت فشار در مقایسه با افت فشار در سایر اجزا سیستم تامین هوا، ناچیز می باشد، بنابراین می توان بدون نگرانی از این مساله، قدرت تصفیه فیلتر را افزایش داد. همچنین نتایج مدلسازی، نشانگر وجود جریان های چرخشی در گوشه های قسمت ورودی محفظه فیلتر می باشد که علاوه بر افت فشار، باعث کاهش ظرفیت فیلتر نیز می گردند. برای حذف این جریان ها، تغییراتی در سطح مقطع لوله کثیف و نحوه اتصال آن به محفظه ورودی داده شده و مدل جدید دوباره تحلیل گردید. نتایج به دست آمده، نشانگر حذف جریان های چرخشی و کاهش نسبی در افت فشار می باشند.

فهرست مطالب

فهرست شکل ها ۶

فهرست نمادها ۷

۱ -مقدمه و پیشینه پژوهش..... ۹

۱ ـ ۱ - مقدمه..... ۱۰

۱-۲- فیلتر ۱۸

۲ - معادلات حاکم بر جریان در فیلتر..... ۲۷

۲ ـ ۱ - معادلات حاکم ۲۸

۲-۱-۱- قانون دارسی در محیط متخلخل ۳۰

۲-۱-۲- افت های اینرسی در محیط متخلخل ۳۰

۲-۱-۳- رابطه تجربی ارگان برای به دست آوردن ضرایب مقاومت ۳۱

۲ ۲ - محیط متخلخل ۳۲

۲ ۳ - محدودیت ها و فرض های مدل محیط متخلخل ۳۳

۲ ۴ - اعمال معادله انرژی در محیط متخلخل ۳۴

۲-۴-۱- ضریب رسانایی موثر در محیط متخلخل ۳۴

۲ ۵ - اعمال آشفتگی در محیط متخلخل ۳۵

۲ ۶ - تاثیرات درصد تخلخل بر معادلات اسکالر گذرا ۳۶

۲ ۷ - مدلسازی محیط متخلخل در نرم افزار FLUENT ۳۶

۲-۷-۱- تعریف ناحیه تخلخل ۳۷

۲-۷-۲- تعریف فرمول بندی سرعت متخلخل ۳۷

۲-۷-۳- تعریف سیال گذرنده از محیط متخلخل ۳۸

۲-۷-۴- تعریف ضرایب لزج و اینرسی ۳۸

۲-۷-۵- تعریف درصد تخلخل (Porosity) ۳۹
۲-۷-۶- تعریف ماده متخلخل..... ۴۰
۲-۷-۷- تعریف چشمه ها ۴۰
۲-۷-۸- تعریف مقادیر ثابت ۴۰
۲ ۸ - مدلسازی محیط متخلخل بر مبنای سرعت فیزیکی ۴۰
۲ ۹ - راهبردهای حل برای محیط متخلخل ۴۱
۲ ۱۰ -پس پردازش ۴۲
۳ - نتایج و بحث ۴۴
۳ ۱ - مدلسازی..... ۴۵
۳ ۲ - پارامترهای جریان ۴۶
۳-۲-۱- سرعت ورودی به محفظه فیلتر ۴۶
۳-۲-۲- رژیم جریان ۴۷
۳-۲-۳- جریان تراکم پذیر یا تراکم ناپذیر ۴۹
۳-۲-۴- ضرایب افت اینرسی و نفوذپذیری ۴۹
۳ ۳ - نتایج ۵۰
۳-۳-۱- افت فشار ۵۰
۳-۳-۲- مسیر جریان ۵۴
۳-۳-۳- بردارهای سرعت ۵۴
۳-۳-۴ بررسی استقلال از شبکه ۵۵
۳-۳-۵ بهینه سازی هندسه لوله کثیف به منظور حذف جریان های چرخشی ۵۶

۴ - نتیجه گیری و پیشنهادها ۵۸
۴ ـ ۱ - نتیجه گیری ۵۹
۴ ـ ۲ - پیشنهادها برای کارهای آینده ۶۰
منابع و مراجع ۶۱

فهرست شکل ها

شکل۱-۱: نحوه قرار گیری لوله کثیف نسبت به جهت حرکت هوا..... ۱۲

شکل۱-۲: تاثیر موقعیت لوله کثیف بر زاویه آن نسبت به سطح جلویی خودرو..... ۱۲

شکل۱-۳: پروفیل زنگوله ای بهترین گزینه برای سطح مقطع ورودی..... ۱۳

شکل۱-۴: طول بهینه منیفولد ورودی در سرعت های مختلف موتور..... ۱۶

شکل۱-۵: تاثیر زمانبندی باز و بسته شدن سوپاپ ورودی بر جرم وارد شده به داخل سیلندر..... ۱۷

شکل ۳-۱الف: مدل و شبکه بندی محفظه و فیلتر هوای پژو ۴۰۵ ..... ۴۵

شکل ۳-۱ب: مدل و شبکه بندی محفظه و فیلتر هوای پژو ۴۰۵ (دید از بالا) ۴۵

شکل ۳-۲: افت فشار در دور 1000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) ۵۰

شکل ۳-۳: افت فشار در دور 2000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) ۵۱

شکل ۳-۴: افت فشار در دور 3000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) ۵۱

شکل ۳-۵: افت فشار در دور 4000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) ۵۲

شکل ۳-۶: افت فشار در دور 5000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) ۵۲

شکل ۳-۷: افت فشار در دور 6000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) ۵۳

شکل ۳-۸: وابستگی میزان افت فشار در فیلتر به دور موتور..... ۵۳

شکل ۳-۹: مسیر جریان در داخل محفظه فیلتر در صفحه XY ۵۴

شکل ۳-۱۰: بردارهای سرعت در داخل محفظه فیلتر در صفحه XY ۵۴

شکل ۳-۱۱: افت فشار در دور 1000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0)

با المان های چهار وجهی و فاصله گره یک میلیمتری ۵۵

شکل ۳-۱۲: هندسه بهینه شده محفظه ورودی برای حذف جریان های چرخشی در گوشه ها ۵۶

شکل ۳-۱۳: مسیر جریان در مدل بهینه شده ۵۷

شکل ۳-۱۴: افت فشار در دور 1000RPM در صفحه XY و در راستای بردار (0,1,0) در مدل بهینه شده ۵۷

فهرست نمادها

C_2: فاکتور مقاومت اینرسی

D_p: قطر متوسط ذرات عبوری

E_f: انرژی کل سیال

E_s: انرژی کل قسمت جامد محیط متخلخل

F: نیروهای حجمی خارجی

J_i: شار دیفیوژنی ذره iام

K_{eff}: ضریب رسانایی موثر محیط متخلخل

k_f : ضریب رسانایی حرارتی فاز سیال (شامل بخش آشفته k_t)

k_s : ضریب رسانایی حرارتی جامد

L: ضخامت محیط متخلخل

P: فشار استاتیک

S: نیروهای ناشی از محیط متخلخل

S_f^h : جمله چشمه آنتالپی سیال

S_i: کل عبارت مربوط به چشمه متخلخل در معادله مومنتوم i ام (x,y,z)

S_m: جرم اضافه شده به فاز پیوسته از فازهای دیگر

α: ضریب نفوذپذیری

γ: درصد تخلخل محیط متخلخل

Δn_x و Δn_y و Δn_z: ضخامت محیط متخلخل در جهتهای z,y,x

μ: ضریب لزجت دینامیکی

ρ_f: چگالی سیال

ρ_s: چگالی قسمت جامد محیط متخلخل

σ_k و σ_ϵ : اعداد پرانتل موثر

τ: تانسور تنش

$|\vartheta|$: اندازه سرعت

ϑ_j:مولفه های سرعت در جهتهای z,y,x

فصل اول

مقدمه و پیشینه پژوهش

۱-۱- مقدمه

مهمترین پارامتر تاثیرگذار بر روی عملکرد یک موتور احتراق داخلی، بازده حجمی آن است. بازده حجمی عبارت است از نسبت جرم واقعی هوای وارد شده به داخل سیلندر به بیشینه جرمی که می توانست وارد آن شود. بیشینه جرم قابل ورود عبارت است از چگالی هوا در دما و فشار جو ضربدر حجم محفظه سیلندر. بازده حجمی، خود، تابع چندین پارامتر می باشد که یکی از آنها فشار هوا در لحظه ورود به سیلندر است. هر اندازه این فشار بیشتر باشد، هوای بیشتری وارد سیلندر شده و بازده حجمی و به تبع آن توان موتور افزایش خواهد یافت. هوا برای ورود به درون سیلندر باید مسیری را در طول سیستم ورودی طی نماید. این مسیر به شرح زیر می باشد:

۱-عبور از شبکه جلویی خودرو

۲- ورود به داخل لوله ای موسوم به لوله کثیف (هوا را به محفظه فیلتر هدایت می کند)

۳- عبور از داخل لوله کثیف

۴- ورود از لوله کثیف به قسمت ورودی محفظه فیلتر

۵- طی محفظه فیلتر تا رسیدن به خود فیلتر

۶- عبور از فضای متخلخل فیلتر

۷- عبور از قسمت خروجی محفظه فیلتر

۸- ورود از محفظه فیلتر به لوله ای موسوم به لوله تمیز که هوا را به منیفولد ورودی هدایت می کند

۹- ورود به منیفولد ورودی

۱۰- عبور در طول منیفولد ورودی و تقسیم شدن بین کانال های مختلف آن

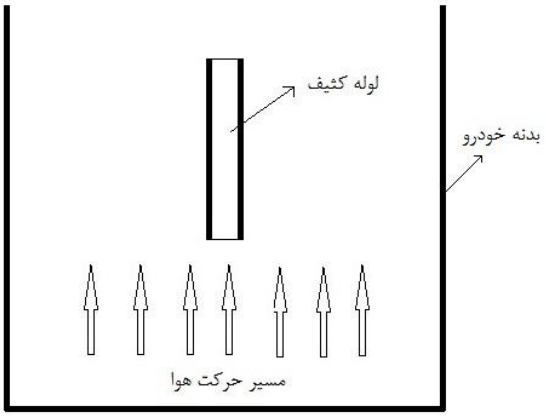
۱۱- ورود از منیفولد به پورت های ورودی

۱۲- عبور از پورت های ورودی و ورود به داخل سیلندر

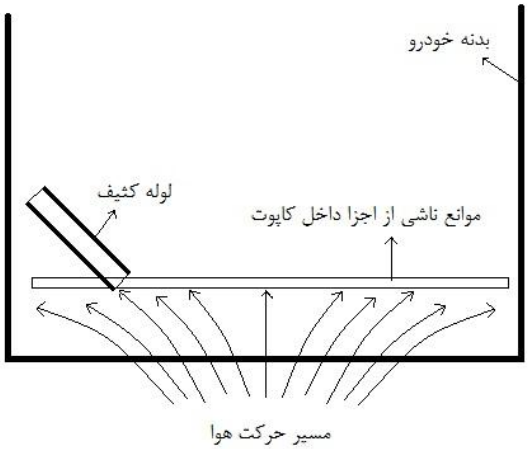
در طول هر یک از مسیرهای گفته شده در بالا، عواملی مانند اصطکاک دیواره ها، تغییرات سطح مقطع، مقاومت سطوح متخلخل، جریان های چرخشی، مناطق جدایش، زانوها و چندین عامل دیگر، باعث افت فشار هوا می شوند. بنـابر این فـشار هوا در پورت ورودی کمتر از فشار اتمـسفر خواهد بود (در موتور تنفس طبیعی). پس یکی از اصلی ترین ملاحظات در طراحی سیستم ورودی باید مساله افت فشار باشد. موارد کیفی که باید در نظر گرفت، عبارتند از:

باید تا حد امکان طول لوله کثیف را مثل تمامی لوله ها، کوتاه، صاف، مستقیم و بدون خم، و قطر آن را تا حد ممکن بزرگ در نظر گرفـت. شکل مناسـب برای سطح مقطع نیز دایره ای به نظر می رسد، اما شکل مناسب باید با بررسی پارامترهای مختلف از جمله دبی حجمی، تنش های برشی، شکل و ضخامت لایه مرزی و مواردی دیگر تعیین گردد.

همچنین زاویه قرار گیری لوله کثیف نسبت به سطح جلویی اتومبیل مهم می باشد. در بررسی اولیـه به نـظر میرسـد اگر لوله طوری قرار گیرد که طول آن در راستای حرکت اتومبیل باشد، مناسب تر است. زیرا هـوا به راحتـی می توانـد وارد آن شود. (شکل ۱-۱). اما بررسی های بعدی نشان می دهد که این زاویه به محل قرار گیری ورودی لوله در عرض اتومبیل نیز بستگی دارد. زیرا مسیر حرکت هوا در تمام عرض اتومبیل در راستای مسیر حرکت نبوده و بدلیل برخورد با اجزاء داخل کاپوت به کناره ها منحرف می شود که این مساله به طور طرحواره در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. بنابر این برای تعیین زاویه مناسب باید موقعیت قرارگیری دهنه ورودی را نیز در نظر گرفت و از آنجایی که مدلسازی و تعیین الگوی جریان در این حالت بسیار پیچیده می باشد، ساده ترین راه، روش تجربی است.

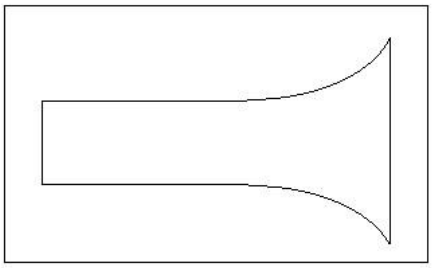


شکل۱-۱: نحوه قرار گیری لوله کثیف نسبت به جهت حرکت هوا



شکل۱-۲: تاثیر موقعیت لوله کثیف بر زاویه آن نسبت به سطح جلویی خودرو

همچنین پروفیل سطح مقطع ورودی نیز عاملی تاثیرگذار بر روی دبی و فشار جریان ورودی است. به طوریکه استفاده از پروفیل زنگوله ای شکل بهترین گزینه می باشد (شکل ۱-۳). البته منحنی پروفیل باید براساس متغیرهای جریان محاسبه شود.



شکل۱-۳: پروفیل زنگوله ای بهترین گزینه برای سطح مقطع ورودی

در خود مسیر لوله نیز باید تا حد امکان از ایجاد خم اجتناب کرد. اما اگر در مواردی استفاده از خم اجتناب ناپذیر باشد، باید حداقل با مدلسازی حرکت جریان در داخل لوله، در صورت مشاهده جدایش در محل خم، با بافل هایی در موقعیت مناسب، جدایش را از بین برد. در برخی از خودروهای تولید داخل مانند پراید، در مسیر لوله کثیف حدود ۳ الی ۴ خم وجود دارد که دلیل اصلی آن چندان روشـن نیست اما به نظر می رسـد هدف طراح از ایجاد این خم ها، آشفته کردن جریان می باشد که در این صورت می توان برای این منظور از طرح های دیگری استفاده کرد که منجر به افت فشار جریان نشود. بزرگ بودن قطر لوله و کوتاه بودن طول آن نیز با توجه به کم شدن تنش های برشی از دیگر روش های کم کردن افت فشـار می باشند که در این مـورد نیازی به توضیح اضافه نیست.

در مورد قسمت ورودی محفـظه فیـلتر مهمـترین عاملی که باید به آن توجـه نمود، الگوی جریان های چرخشی می باشد. البته قسمت عمده این جریان ها بر اثر شکل لوله کثیف ایجاد می شوند که با طراحی بهینه این لوله، از بین می روند. اما در صورتی که نتوان در شکل لوله کثیف، تغییرات لازم را ایجاد کرد، این جریان ها را باید در داخـل محفتظه فیلتر از بین برد. یکی از روشهای حذف این جریان ها کاربرد بافلهایی برای هدایت مسیر جریان در داخل محفظه است. راویندر و همکارانش[1] [2] از این طرح برای بهبود مدل شان استفاده کرده اند. آنها ابتدا محفظه فیلتر طراحی شده برای خودرو تاتانو را مدلسازی نموده بر روی آن یک تحلیل CFD لزج سه بعدی انجام داده اند تا رفتار جریان را در طول سیستم ورودی، محفظه فیلتر و خود فیلتر، مشخص کنند. آنها تحلیلشان را

[1] Ravinder et al

به کمک نرم افزار STAR-CD انجام داده و جریان را پایا و تراکم ناپذیر فرض کرده اند. مدل $k-\epsilon$ را نیز برای مدلسازی جریان آشفته به کار برده اند. معادلات جرم و مومنتوم را به منظور به دست آوردن سرعت و فشار در میدان سیال با استفاده از الگوریتم SIMPLE حل نموده اند. سپس بر مبنای نتایج CFD مدل موجود، تغییراتی هندسی مانند ایجاد موانعی در فضای ورودی محفظه فیلتر به منظور آشفته کردن جریان، افزایش ظرفیت فضای خروجی محفظه فیلتر و گشاد کردن دهانه خروجی از محفظه، بهینه سازی شبکه بندی فیلتر، حذف کردن انقباضات در مسیر لوله ورودی و نظایر آن، به منظور بهینه سازی مشخصات جریان، انجام داده اند. پس از اعمال این تغییرات، مجددا بر روی مدل بهینه شده، تحلیل CFD انجام داده اند که نشانگر بهبود در رفتار جریان، افزایش سطح مفید فیلتر و کاهشی در افت فشار به میزان ۲۲٪ بود. همچنین آنها در پژوهش خود، فیلتر چین خورده را با توجه به فشردگی چین های آن، به صورت یک جسم مکعب مستطیل متخلخل مدل نموده اند که با توجـه به همـگن بودن تخلخل کاغذ فیلتر در جهـات مختـلف، تقریبی قابل قـبول می باشد. بنابراین، ما نیز در این پایاننامه از این تقریب استفاده نموده ایم.

مورد بعدی در محفظه فیلتر، وضعیت قرار گیری قسمت های ورودی و خروجی نسبت به هم می باشد. توضیح اینکه محفظه توسط فیلتر به دو بخش تقسیم می شود (الف) قسمتی که هوا از طریق لوله کثیف وارد آنجا می شود (قسمت ورودی) و (ب) قسمتی که هوا پس از عبور از فیلتر از آنجا خارج می شود (قسمت خروجی). مساله مهم این است که قسمت ورودی در بالا و قسمت خروجی در پایین باشد تا موقع عبور هوا از فیلتر، جاذبه به عنوان نیروی کمکی عمل کند. اگر نحوه قرار گیری بر عکس باشد، جاذبه در این مرحله به عنوان یکی از عوامل افت فشار، هر چند ناچیز عمل خواهد کرد. البته درصد تاثیر جاذبه در افت فشار در این مرحله مشخص نشده ولی بدون نیـاز به محاسـبه هم از نظر کیـفی کاملا مشخص است که کدام آرایش بهتر است. مع الوصف با وجود بدیهی بودن موضوع در برخی از خودروها مانند پراید، این مورد رعایت نشده است. در خودرو پژو ۴۰۵ نیز فیلتر به صورت عمودی قرار گرفته و قسمتهای ورودی و خروجی در یک ارتفاع قرار دارند.

قسمت بعدی، در مسیر جریان، عبور هوا از فضای متخلخل فیلتر است که موضوع اصلی این پایاننامه بوده و در ادامه به طور کامل بررسی خواهد شد.

هوا پس از عبور از محفظه فیلتر، وارد لوله ای به نام لوله تمیز می شود که وظیفه آن انتقال هوا به داخل منیفولد ورودی است. مواردی که در مورد لوله کثیف گفته شد، در اینجا نیز صدق می کند. البته وجود خم در لوله تمیز، اجتناب ناپذیر است که در آن باید حتما جدایش لایه مرزی از دیواره، بررسی شود.

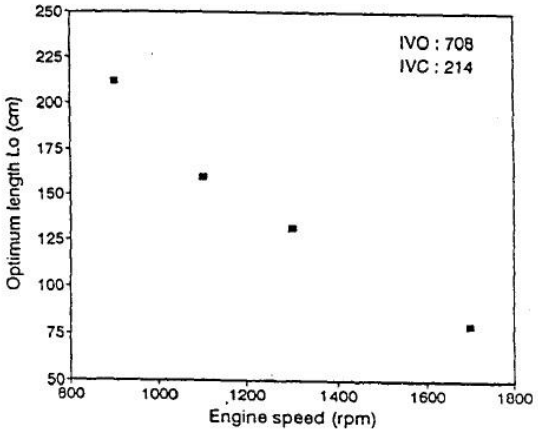
پس از لوله کثیف، نوبت به منیفولد ورودی میرسد. وظیفه اصلی منیفولد ورودی، تقسیم هوای ورودی بین سیلندرهاست. بنابراین اصلی ترین مساله دبی عبوری از هریک از شاخه های منیفولد است که باید طوری طراحی شوند که دبی های مساوی را از خود عبور دهند. برای راحت شدن کار در موتورهای چهار سیلندر، می توان به جای تقسیم همزمان هوا به چهار قسمت، ابتدا آن را به دو قسمت مجزا تقسیم کرده و سپس دوباره هرکدام از این قسمت ها را به دو بخش تقسیم نمود. در این حالت، اختلاف بین دبی ها و توان های تولیدی در هر سیلندر کم می شود.

مساله بعدی در مورد منیفولد ورودی، بحث افت فشار است که دارای دو دلیل عمده می باشد. اولی نحوه تقسیم شدن کل دبی و دومی تنش های برشی دیواره هاست. در تقسیم دبی باید زاویه مسیرهای مختلف بعد از تقسیم را به حداقل رساند تا انحراف جریان از مسیر مستقیم به حداقل کاهش یابد.

بعد از تقسیم جریان در منیفولد، نمی توان جریان را پایا در نظر گرفت، بلکه جریان پالسی خواهد بود. در این جریان باید موضوع موج های فشاری برگشتی ناشی از بسته شدن سوپاپها را در نظر گرفت. ناک سونگ و همکارانش[1] [1] با در نظر گرفتن این پدیده، طول بهینه برای منیفولد ورودی را بر اساس سرعت موتور محاسبه کرده اند. آنها آزمایشات خود را بر روی یک موتور دیزل چهار زمانه تزریق غیر مستقیم با حجم 2.2 لیتر انجام داده اند. مدلسازی جریان، با استفاده از روش

[1] Nak W.Sung et al

مشخصه ها (Method of Characteristics) انجام یافته است. جریان در داخل منیفولد ورودی، یک بعدی در نظر گرفته شده و معادلات تفاضل محدود از معادلات حاکم بر جریان به دست آمده اند. نتایج این پژوهش در شکل ۱-۴ دیده می شود.

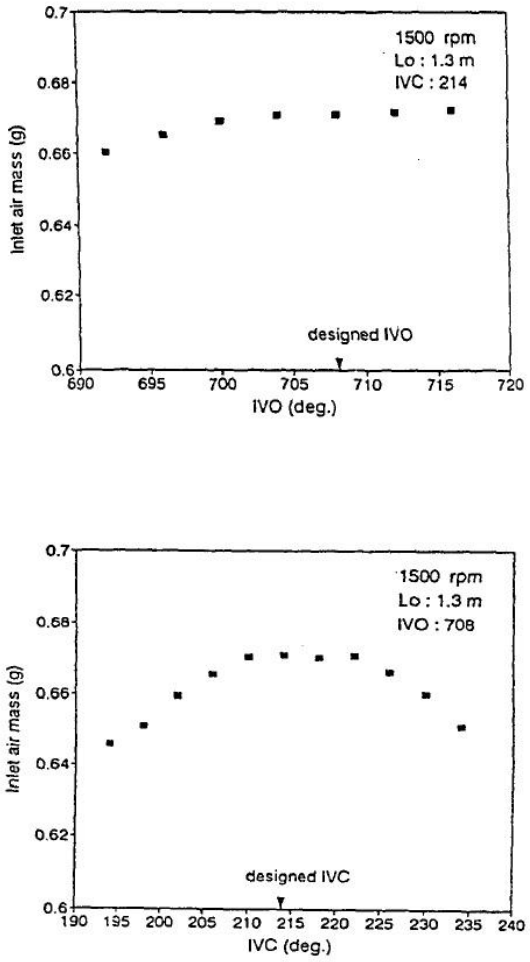


شکل۱-۴: طول بهینه منیفولد ورودی در سرعت های مختلف موتور [1]

همانطور که در شکل ۱-۴ دیده می شود، با افزایش سرعت موتور، به دلیل افزایش فرکانس موج های فشاری می توان از منیفولدهای با طول کوتاهتر استفاده کرد. البته هنوز روشی عملی برای کاربرد منیفولد با طول متغیر در موتور ابداع نشده و طراح مجبور است با توجه به شرایط کارکرد موتور، یک طول بهینه ثابت انتخاب نماید.

پس از عبور از منیفولد، هوا از طریق سوپاپ ها و پورت های ورودی، وارد سیلندر می شود که در اینجا نیز به دلیل تغییرات سطح مقطع، افت فشار وجود دارد. البته بحث عبور از سوپاپ ها، بحث پیچیده ای بوده و پارامترهای زیادی بر آن تاثیر می گذارند. از جمله این پارامترها می توان به بحث جریان های برگشتی از داخل سیلندر اشاره کرد که ناشی از زمانبندی و همپوشانی سوپاپ های ورودی و خروجی است که یک عامل مقاوم در برابر ورود هوا به داخل سیلندر محسوب می شود. البته در طراحی زمانبندی سوپاپ ها، این موارد در نظر گرفته می شود ولی از آنجایی که زمانبندی بهینه

سوپاپ ها وابسته به شرایط جوی و شرایط کارکردی و موقعیت جغرافیایی موتور می باشد، عملا در موتورهای با زمانبندی ثابت، (تقریبا تمامی خودروهای تولید داخل از این نوعند) حالت زمانبندی بهینه رعایت نمی شود. البته این مشکل در موتورهای با زمانبندی متغیر سوپاپ ها (VVT) حل شده است. بدین صورت که ECU شرایط کارکردی و جوی را از طریق سنسورهای مختلف دریافت کرده و زمانبندی بهینه مناسب برای آن شرایط را محاسبه نموده و با استفاده از عملگرهای مغناطیسی، زمانبندی محاسبه شده را بر روی سوپاپ ها اعمال می کند. ناک سونگ و همکارانش [1] همچنین تاثیر زمانبندی سوپاپ ها بر جـرم ورودی را بررسـی کرده و نتایج را به صورت شکل ۱-۵ ارائه نمودند.



شکل۱-۵: تاثیر زمانبندی باز و بسته شدن سوپاپ ورودی بر جرم وارد شده به داخل سیلندر [1]

تیلور و همکارانش[1] [7] تلفات جریان را در سیستم ورودی هوای موتور دیزل کاترپیلار ۶ سیلندر بررسی کرده اند. آنها ابتدا سیستم ورودی را توسط نرم افزار Pro-Engineer مدلسازی نموده و سپس با کمک نرم افزار I-GES، این مدل را شبکه بندی نمودند. حل مدل نیز به کمک نرم افزار FLUENT، انجام یافته است. در این مدل، جریان لزج، سه بعدی و آشفته در نظر گرفته شده و از المان های نامنظم چهاروجهی به تعدا بیش از ۸۴۰۰۰۰ عدد برای شبکه بندی جریان سیال استفاده شده است. گسسته سازی به روش فراباد مرتبه دوم انجام شده و مدل k-ϵ برای مدلسازی جریان آشفته به کار رفته است. صحه گذاری مدل نیز توسط نتایج آزمایش تجربی انجام یافته است. طبق نتایج این مدل عددی، ۷۰٪ تلفات سیستم ورودی مربوط به تلفات در سوپاپ ها و پورت های ورودی می باشد. آنها در ادامه کار خود، در مقاله ای دیگر [8]، با اعمال تغییراتی بر روی طرح اولیه، به طرح جدیدی رسیدند که در آن افت فشار در سیستم ورودی، بین ۵٪ تا ۳۳٪ نسبت به حالت اولیه کاهش یافته بود. این تغییرات شامل تغییر طول و قطر منیفولد ورودی، افزایش بلند شدگی سوپاپ ها و تغییر زاویه اتصال منیفولد ورودی به سر سیلندر می باشد.

بحث دیگر در عبور هوا از پورت های ورودی، تعبیه زایده هایی بر روی سوپاپ ورودی برای ایجاد چرخش (swirl) در جریان ورودی می باشد که این زایده ها نیز موانعی بر سر مسیر جریان محسوب می شوند. البته طراحی خاص منیفولد ورودی برای ایجاد Tumble نیز در این مرحله نمود پیدا خواهند کرد. موارد متعدد دیگری نیز وجود دارند که خارج از حوصله این بحث می باشد.

۱-۲- فیلتر

فیلتر برای جداسازی ذرات غیر محلول در سیال به کار می رود. فیلترها معمولا به شکل ورقه های تخت و از موادی مثل چوب یا ساقه های گیاهی با سوراخ ها و منافذ کوچک ساخته می شوند. این سوراخ ها اجازه عبور به سیال را می دهند اما آنقدر بزرگ نیستند که ذرات غیر محلول با اندازه مشخص، بتوانند از آنها عبور کنند. مهمترین ویژگی یک فیلتر قدرت تصفیه و یا عملکرد

[1] Taylor et al

فیلتر می باشد. همین مساله باعث شده است که در ادبیات فن، به خصوص در مقالات SAE, ISI پژوهشی که افت فشار را در فیلتر به عنوان موضوع اصلی بررسی کند، یافت نشده و در اکثر کارهای انجام شـده، تاکید اصلی بر روی قدرت تصفـیه فیلتر باشد که این مساله بالطبع باعث می شود در یک نوع مشخصی از فیلتر با افزایش قدرت تصفیه، افت فشار نیز افزایش یابد. یعنی قدرت تصفیه یک فیلتر رابطه مستقیم با افت فشار در آن دارد به عنوان مثال یک ورق فلزی مانـع از ورود هر نوع آلودگـی به داخـل مـوتور می شـود اما در عین حـال، جلوی ورود هـوا را هم می گیرد. در حالیکه در حالت بدون فیلتر، افت فشاری نخواهیم داشت ولی میزان عبور آلاینده ها هم در بیشترین مقدار ممکن خواهد بود. بنابراین مصالحه ای بین این دو وجود دارد.

در اساس چهار نوع فیلتر در خودروها استفاده می شود که عبارتند از:

الف) کاغذ و سایر الیاف ها

ب) فوم یا اسفنج

پ) تنزیب های کتانی

ت)شبکه های فلزی ضد زنگ

فیلترهای کاغذی کاربرد بیشتری در موتور اتومبیل دارند و در مقیاس بزرگ شبیه پوشال کولر آبی می باشند که فشرده شده اند. اندازه این فشردگی است که اندازه سوراخ ها و اندازه ذرات غیر عبوری از فیلتر را تعیین می کند.

مهمترین ویژگی های یک فیلتر به شرح زیر می باشد:

۱ -درصد تخلخل

یکی از مهمترین ویژگی های فیلتر، درصد تخلخل آن می باشد. درصد تخلخل عبارت است از نسبت حجم خالی فیلتر (برای عبور سیال) به حجم کل. سوراخ های فیلتر باید به اندازه ای ریز باشند که اجازه عبور به ذراتی با سایز بزرگتر از مقدار تعیین شده را ندهند، و در عین حال، جریان سیال بتواند به راحتی از آنها عبور کند. به عنوان مثال، فیلتر یک چای کیسه ای دارای درصد تخلخل

زیادی می باشد. زیرا که هدف از آن فقط جلوگیری از رد شدن دانه های چای خشک می باشد. بنابراین با سوراخ های بزرگ ساخته می شود تا آب بتواند به راحتی از میان آن جریان یابد. اما از سویی دیگر، فیلتر آزمایشگاه شیمی باید دارای منافذ چنان کوچکی باشد که به ذرات خیلی ریز، اجازه عبور ندهد.

۲ -ظرفیت

یکی دیگر از ویژگی های مهم فیلتر، ظرفیت آن می باشد. ظرفیت عبارت است از مقدار ذراتی که یک فیلتر می تواند جذب کند بدون اینکه اخلال قابل توجهی در عملکردش به وجود آید. هنگامی که سیال از میان فیلتر رد می شود، ذرات معلق در آن بر روی کاغذ فیلتر رسوب کرده و به مرور زمان باعث گرفتگی منافذ و غیر قابل استفاده شدن آن می گردند. این رسوب های سطحی، با یک تکان دادن و یا به کمک هوای فشرده از روی فیلتر جدا شده و سطح فیلتر تمیز می شود. این همان کاری است که در اکثر مراکز سرویس اتومبیل انجام می گردد. اما بسیاری از ذرات ریز بر روی سطح رسوب نمی کنند، بلکه در موقع عبور از منافذ در داخل آنها گیر می افتند. به عبارتی دیگر، در داخل فیلتر رسوب می کنند و نه بر روی سطح آن. این رسوب ها با تکان دادن و یا هوای فشرده تمیز نمی گردند. به همین دلیل است که اغلب، تعویض فیلتر به جای تمیز نمودن آن توصیه می گردد. البته اخیرا شرکت K&N فیلترهای جدیدی از جنس الیاف پنبه تولید نموده که هم مثل فیلترهای کاغذی، قدرت تصفیه بالایی دارند و هم قابل شستشو بوده و یکبار مصرف نمی باشند. گفتنی است که فیلترهای پنبه ای و اسفنجی متداول، به دلیل انعطاف پذیر بودن الیافشان در موقع عبور ذرات از میان آنها دچار اندکی کرنش و گشادگی منافذ می گردند و قدرت تصفیه پایینی دارند. اما فیلترهای کاغذی، بدلیل اینکه از الیاف چوب ساخته شده اند، دچار این کرنش ها نشده و قدرت تصفیه بالایی دارند.

روش های مختلفی برای افزایش ظرفیت فیلتر وجود دارند. متداولترین آنها تولید فیلتر به شکل چین خورده می باشد. این مساله باعث افزایش سطح کاغذ فیلتر می شود که به سیال امکان عبور از