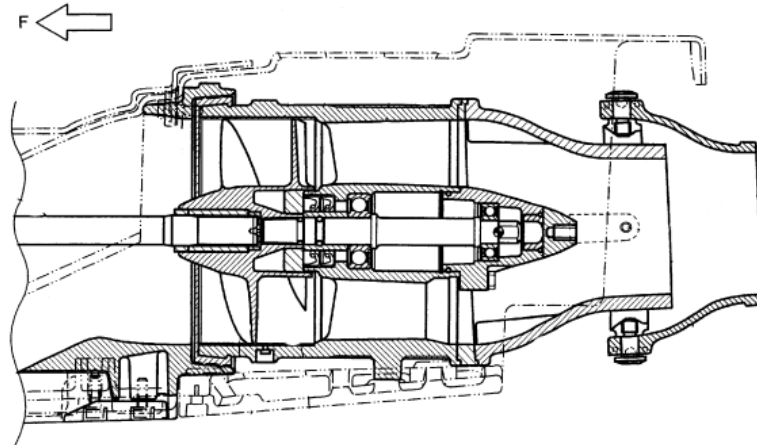


انواع جت

۱- جت آب:

یکی از انواع موتورهای جت است که با بیرون فرستادن جریان آب از پشت قایق باعث حرکت قایق می شود. مزایا: توانایی کارکرد در آبهای کم عمق، قدرت بالا و میزان خسارت زیست محیطی کم. محدودیتها: بازده کمتر نسبت به موتورهای پروانه ای و آسیب پذیری نسبت به ورود اشیاء خارجی.

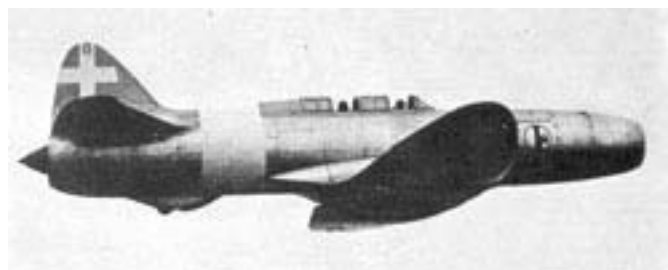


۲- ترمو جت:

ترمو جت نوعی موتور جت هوازی ابتدایی است که به جای توربین و کمپرسور (در موتورهای توربین گازی) دارای یک موتور پیستونی به عنوان سوپر شارژر (فشارنده ی هوا) در ورودی هوای خود است. هوا پس از اینکه توسط موتور پیستونی فشرده شد، وارد محفظه احتراق شده و با سوخت مخلوط و سپس مشتعل می شود و بدون عبور از توربین از نازل آن خارج می شود.

مزایا: سرعت گاز خروجی از موتورهای ملخی و موتورهای توربین گازی بیشتر است و در سرعتهای بالا پیشران بیشتری تولید می کند.

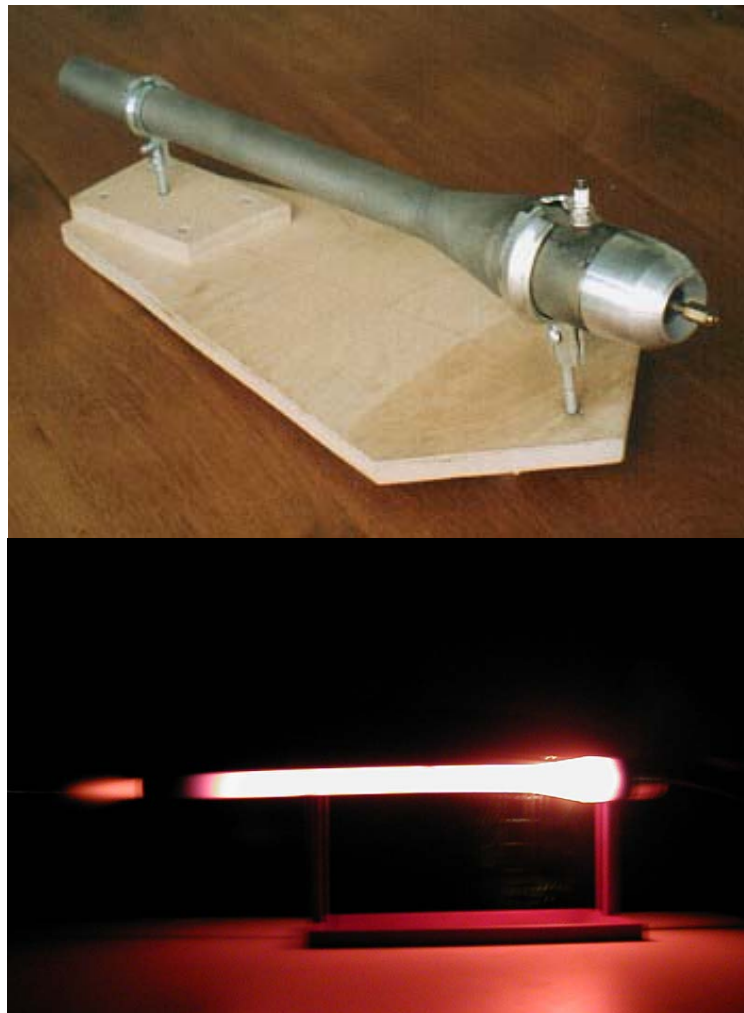
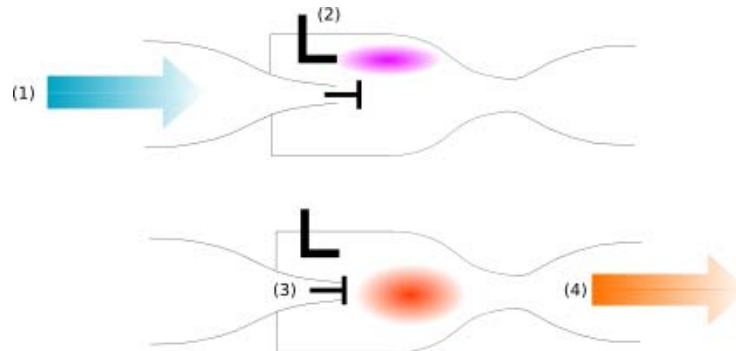
معایب: وزن بالا، بازدهی و قدرت کم، این موتور جزو نسلهای اولیه موتورهای جت است و از فناوری پایینی برخوردار است و دیگر ساخته نمی شود.



هواپیمای CC_2 اولین هواپیمای جت ایتالیایی که با موتور ترموجت کار می کرد.

۳- پالس جت:

این نوع موتور جت همان طور که از اسمش پیداست به جای فشرده سازی و سوزاندن پیوسته هوا و سوخت به طور متناوب این کار را انجام میدهد. در برخی از انواع آن برای این کار از سوپاپ استفاده میشود. مزایا: طراحی بسیار ساده به طوریکه معمولاً از آنها در هواپیماها مدل استفاده می شود. معایب: پر سر و صدا، کم بازده (به علت نسبت تراکم پایین) و در مقیاسهای بزرگ کارایی مناسبی ندارد و در نوع سوپاپ دار، سوپاپها زود خراب می شوند.



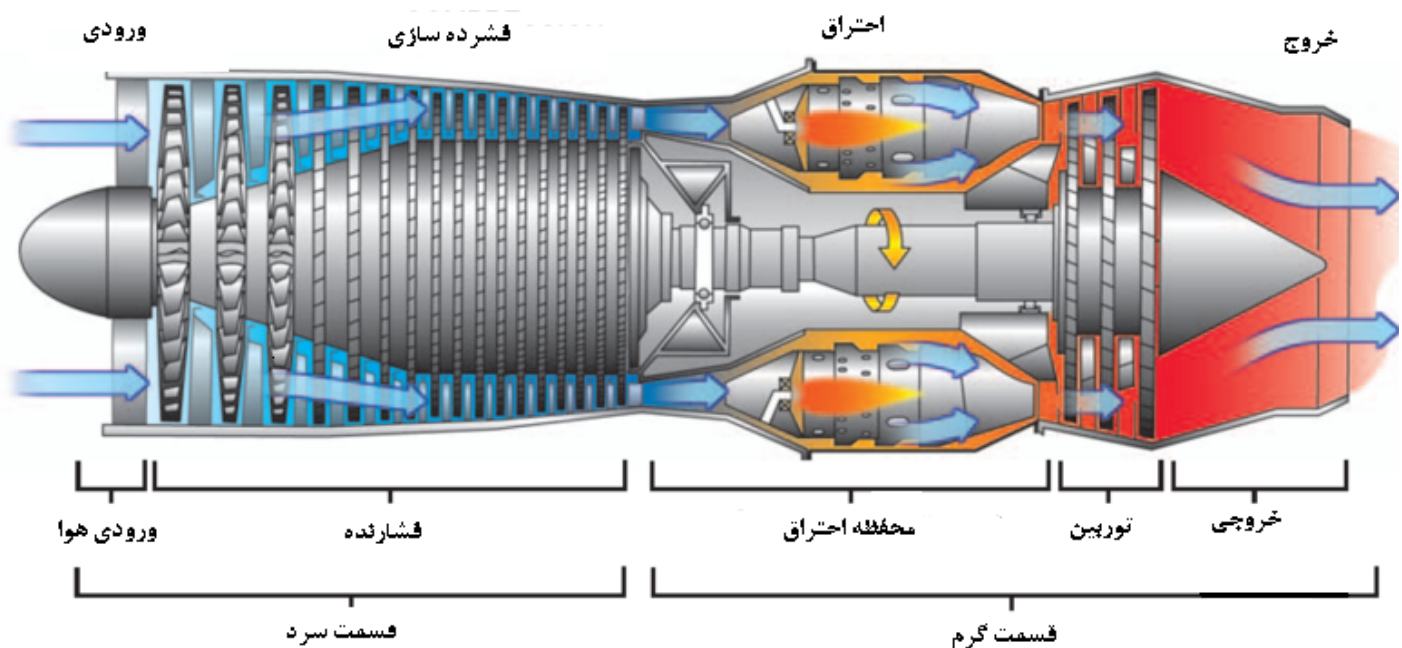
موتورهای پالس جت در هنگام کار کردن به شدت داغ می شوند.

۴- توربو جت:

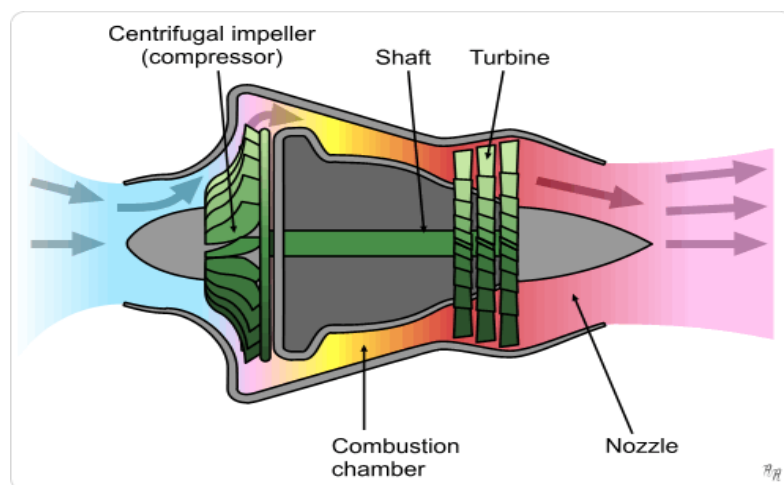
توربو جت يك واژه كلي براي توصيف موتورهاي توربين گازي است، كه به طور كلي از سه قسمت كمپرسور (فشارنده هواي ورودي)، محفظه احتراق و توربين (براي چرخاندن كمپرسور و يا شفت) تشكيل مي شوند. در كل منظور از توربو جت نوعي از موتور جت بدون شفت اضافي (مقصود شفتي است كه براي انتقال نيرو به جايي غير از كمپرسور مورد استفاده قرار بگيرد) و ضريب كنار گذر صفر است.

مزايي: نسبت به توربو فن و توربو پراپ و ... طراحي ساده تري دارد همچنين در سرعتهاي مافوق صوت بازده بالايي دارد (تقريباً از ماخ دو به بالا).

معاييب: طراحي پايه و كلي اين نوع موتور در سرعتهاي زير صوت بسيار ناكارآمد، كم بازده، پر مصرف و نسبتاً پر صدا مي باشد.



موتور توربو جت با كمپرسور محوري



موتور توربو جت با كمپرسور گريز از مركز

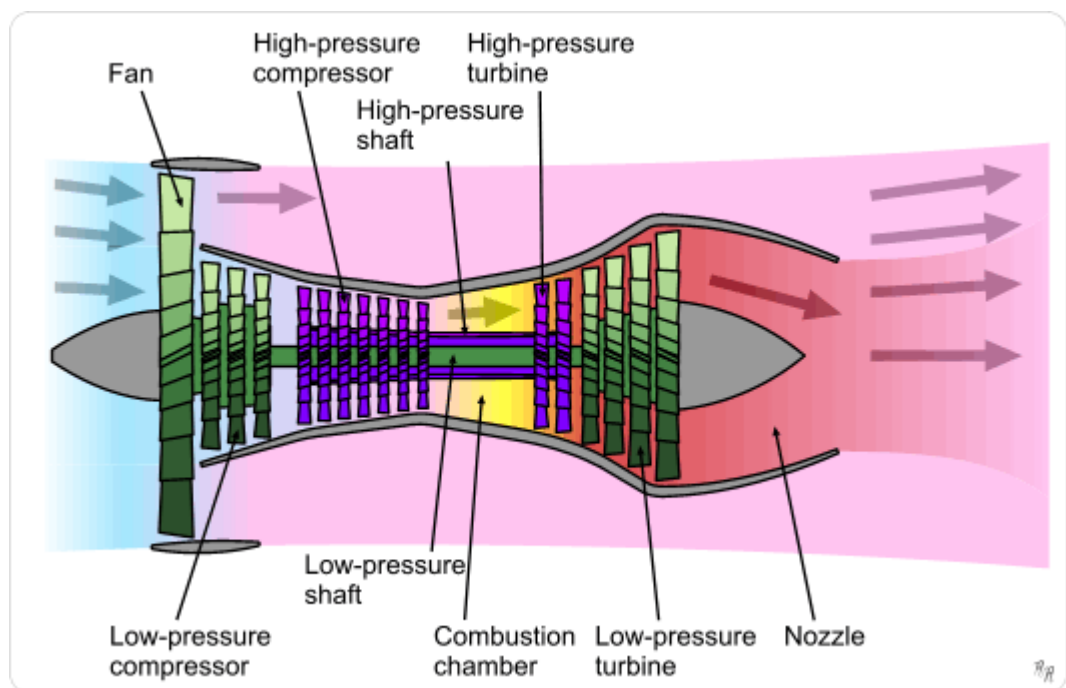
۵- توربو فن:

ساختار موتور توربو فن مانند موتور توربوجت است با این تفاوت که مرحله (یا مراحل) اول کمپرسور آن بسیار بزرگتر است. این مساله باعث می شود که هوای ورودی به موتور به شدت افزایش پیدا کند. اما درصد زیادی از هوای ورودی به موتور بدون وارد شدن به محفظه احتراق و مخلوط شدن با سوخت و احتراق از انتهای موتور خارج می شود.

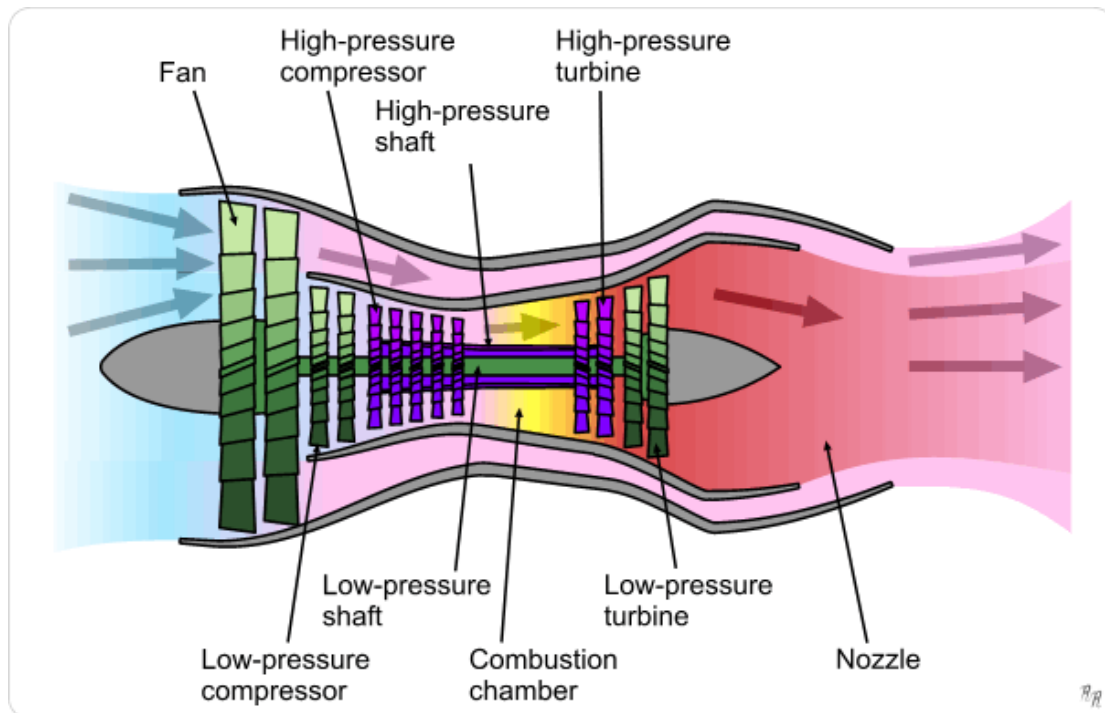
به نسبت هوایی که بدون عبور از محفظه احتراق از موتور خارج می شود به کل هوای ورودی ضریب کنار گذر (bypass) می گویند. با این کار سرعت گازهای داغ خروجی از نازل کاهش و دبی جرمی (میزان جرم عبوری از موتور در واحد زمان) موتور افزایش می یابد.

مزایا: بازده و برد بیشتر نسبت به توربوجت در سرعتهای زیر صوت و دمای پایین گازهای خروجی (به علت مخلوط شدن گازهای ناشی از احتراق با هوای سرد کنار گذر).

معایب: این موتورها بسیار پیچیده تر از توربوجت هستند. (دارای مجراهای بیشتر و معمولاً دارای شفت های چندگانه). قطر بدنه ی موتورهای توربو فن بسیار زیاد است و در مجموع موتورهای بزرگ و سنگینی هستند و نیاز به پره های بزرگ و سنگین دارند، بیشتر در معرض ورود اشیای خارجی قرار دارد و در مقابل یخ زدگی آسیب پذیر می باشد. دارای سرعت محدود است (زیر صوت) چون در برابر عبور از امواج ضربه ای ناشی از رسیدن به سرعت صوت، بسیار آسیب پذیر است و نمی تواند از سرعت صوت عبور کند.



موتور توربو فن با ضریب کنار گذر بالا



موتور توربو فن با ضریب کنار گذر پایین

۶- پراپ فن:

شبییه موتور توربو فن است با این تفاوت که فن آن در بیرون مجرای موتور قرار دارد. مزایا: بازده سوخت بیشتر (اصولاً هدف از طراحی این موتورهای پیچیده و گرانقیمت افزایش بازده و کاهش مصرف سوخت بود) و نسبت به موتور توربو فن کم صداتر و همچنین توانایی کارکرد در محدوده سرعت بزرگتر از توربو فن، این موتور به علت کم مصرف بودن در دهه ۹۸۰ محبوب شد (به علت قیمت بالای نفت). معایب: برخی از نمونه های آن بر خلاف انتظار از توربو فن پر صداتر بودند و از انواع دیگر موتور جت پیچیده تر و گرانتر بودند، همین مساله باعث شد تا تولید و توسعه آنها متوقف شود.



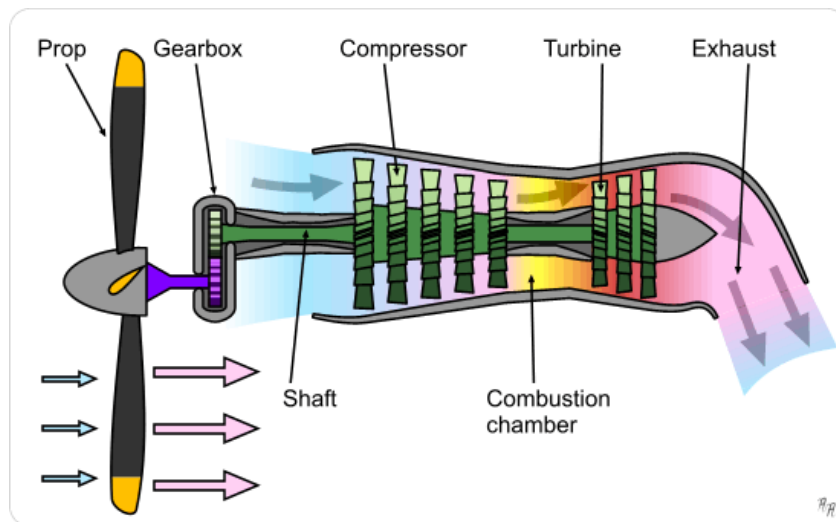
۷- توربوپراپ (توربو شفت):

از جریان جت برای تولید پیشران استفاده نمی کند، بلکه تقریباً از تمام انرژی آن برای چرخاندن توربین و به دنبال آن شفت استفاده می کنند. در موتورهای توربو پراپ نیروی شفت برای چرخاندن ملخ هواپیما به کار می رود. از موتورهای توربو شفت می توان برای چرخاندن ملخ هلیکوپتر یا به عنوان یک موتور توربین گازی برای تولید نیرو جهت استفاده در واحد تولید قدرت انواع ماشین آلات استفاده کرد. به عنوان مثال برای چرخاندن فن یک تونل باد یا استفاده جای موتور دیزلی در بعضی تانکها (مثلاً تانک آبرامز m-1-a-1 آمریکایی از یک موتور توربین گازی به نام atg-1500 با توان ۱۵۰۰ اسب بخار استفاده می کند یا در مدل جدید تر m-1-a-2 از موتور توربین گازی lv100-5 محصول مشترک هانی ول و جنرال الکتریک استفاده می کند).

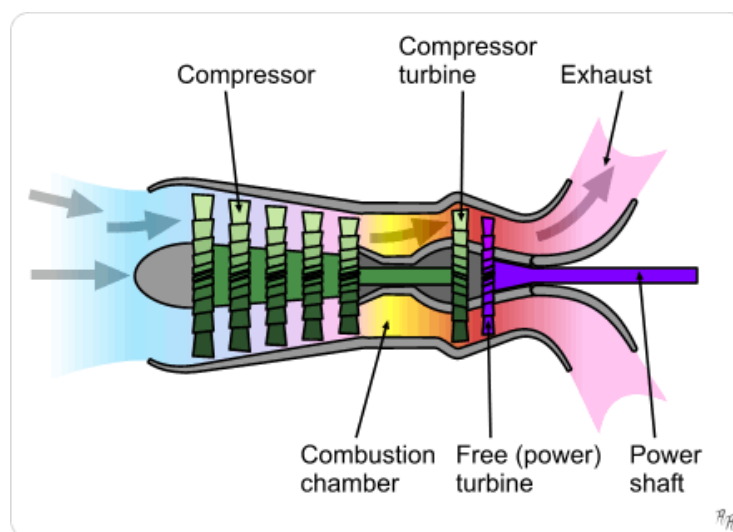
افزودن ملخ به موتور و استفاده از تمام انرژی گازهای خروجی برای چرخاندن آن باعث افزایش دبی جرمی موتور و در پی آن افزایش بازده در سرعت های پایینی می شود (مثل موتور توربو فن).

مزایا: در سرعت های زیر صوت (تقریباً بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ متر بر ثانیه) بسیار کارآمد و پربازده است.

معایب: محدوده سرعت آن کوچک است، کمی پر سر و صدا و دارای سیستم انتقال قدرت پیچیده



موتور توربو پراپ



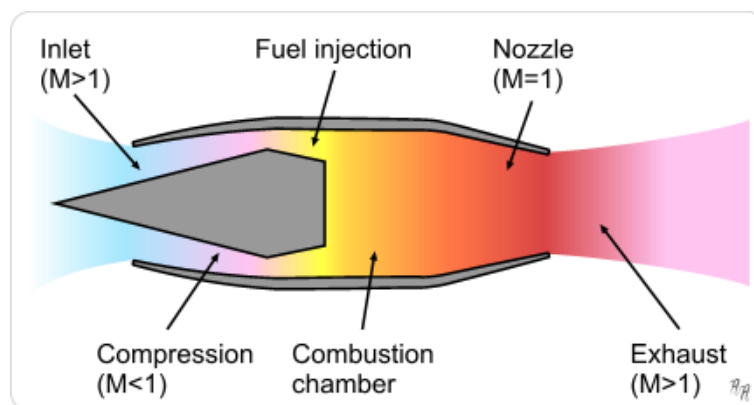
موتور توربو شفت

۸- رم جت:

رمجت موتور جتی است که تنها با استفاده از یک مجرای واگرا (دیفیوزر) در ورودی خود سرعت هوای ورودی را کاهش و فشار آن را افزایش می دهد و دیگرمیازی به کمپرسور ندارد. به همین دلیل (نداشتن کمپرسور) نیازی به توربین هم ندارد. اما نسبت تراکم کافی برای روشن شدن موتور تنها در سرعتهای مافوق صوت و در بعضی از انواع کم بازده آن در سرعتهای نزدیکی صوت به دست می آید.

مزایا: اجزای متحرک بسیار کم ، قابلیت استفاده در سرعتهای بالا (۰.۸ ماخ تا بیشتر از ۵ ماخ) و بازده خوب در ماخ بیشتر از ۲، و وزن پایین (سبکترین موتور جت هوایی) و نسبت پیشران به وزن بسیار بالا (در سرعت بهینه بیش از ۳۰).

معایب: در سرعتهای پایین چون نسبت تراکم هوای ورودی کم است، کار نمی کند و نیازی به هوای ورودی با سرعت بالا (معمولاً بالای ۱ ماخ) دارد. به علت نداشتن توربین نمی شود از آن به کمک شفت برای وسایل دیگری نیرو گرفت. معمولاً توانایی کارکرد آن به محدوده کوچکی از سرعت محدود می شود. سرعت هوای ورودی حتماً باید در ورودی موتور به زیر صوت کاهش پیدا کند در غیر این صورت احتراق انجام نمی پذیرد. بسیاری پر سر و صداست و آزمایش آن به دشواری صورت می گیرد.

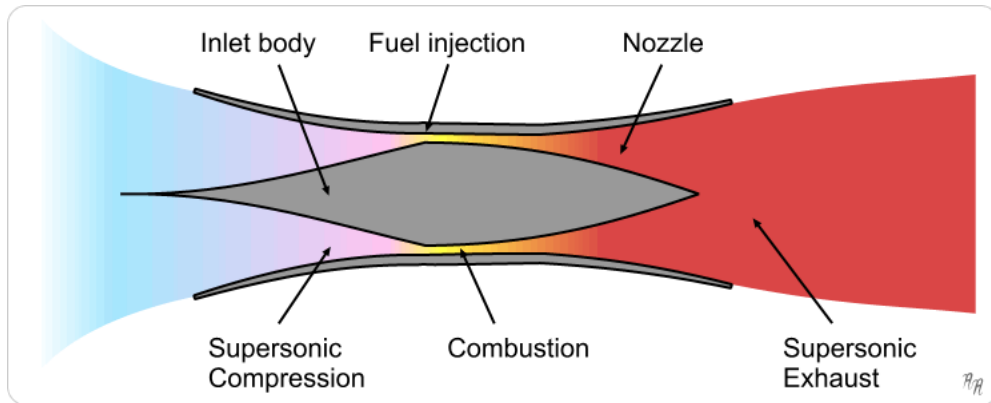


طرح شماتیک موتور رم جت

۹- اسکرم جت:

مشابه رمجت است با این تفاوت که در ورودی خود دیفیوزر ندارد و جریان هوا در ورودی موتور مافوق صوت باقی می ماند.

مزایا: قطعات متحرک کم ، توانایی کارکرد در سرعتهای بسیار بالا (عدد ماخ ۸ تا ۱۵) با بازده بالا. معایب: هنوز در مرحله آزمایش است ، برای شروع به کار نیازی به سرعتهای بسیار بالا (ماخ > ۶) دارد، سیستم خنک کنندگی پیچیده (مشکل در خنک کنندگی) ، نسبت پیشران به وزن پایین (تقریباً ۲) پیچیدگی آیرودینامیکی بسیار زیاد و آزمایش دشوار.



طرح شماتیک موتور اسکرم جت

۱۰- راکت:

راکت نوعی موتور جت غیر هوازی که سوخت و اکسید کننده را همراه خود حمل می کند و از طریق سوزاندن سوخت و اکسید کننده در محفظه احتراق و ایجاد جریان جت پشران تولید می کند. راکتها در دو نوع سوخت جامد و سوخت مایع ساخته می شوند. در نوع سوخت مایع، سوخت (مثلاً هیدروژن مایع برای موتورهای اصلی شاتل) و اکسید کننده (مثل اکسیژن مایع) در مخازن جداگانه نگهداری و برای روشن کردن موتور به کمک پمپ آنها به درون محفظه احتراق هدایت و در آنجا مشتعل می کنند. اما در نوع سوخت جامد، سوخت و اکسید کننده در کنار هم به صورت مخلوطی از چند ترکیب شیمیایی وجود دارند که با شروع کار موتور در اثر حرارت ترکیب حامل اکسیژن، تجزیه و اکسیژن آزاد

می کند (مثلاً تجزیه حرارتی KNO_3 به KNO_2 و O_2 در باروت که امروزه در مراسم آتشبازی از آن استفاده می کنند) فناوری لازم برای طراحی و تولید راکت‌های سوخت مایع ساده تر از راکت‌های سوخت جامد است. اما راکت‌های سوخت مایع دارای ضربه مخصوص (نسبت کل ضربه تولیدی به جرم کل سوخت) پایینتری هستند. همچنین به علت خوردگی شدید اکسید کننده نمی توان آن را برای مدت طولانی در مخزن راکت نگهداری کرد و مخازن سوخت را می توان تنها چند ساعت قبل از پرتاب پر کرد. فرایند پر کردن گاهی تا ۱۲ ساعت یا بیشتر به طول می انجامد. اگر تا ۷۲ ساعت بعد از پر کردن راکت عملیات شلیک انجام نشود، به علت آسیب ناشی از خوردگی اکسید کننده و فشار زیاد سوخت و اکسید کننده راکت دیگر قابل استفاده نخواهد بود. در حالت عادی معمولاً سوخت و اکسید کننده در فاز گازی قرار دارند. برای اینکه قابل حمل در موشک شوند باید تبدیل به مایع شوند. که این عمل را به کمک افزایش فشار انجام می دهند که افزایش دمای شدیدی را در پی خواهد داشت. برای جلوگیری از آسیب دیدن قطعات فشارنده و راکت، فشرده سازی به صورت متناوب انجام می شود و در فواصل انجام کار دستگاه ها را خنک می کنند.

اما در راکت‌های سوخت جامد چون سوخت تحت فشار نیست و اکسید کننده در ترکیب قرار دارد (و در نتیجه خورنده نیست)، محدودیتی برای نگهداری آن در راکت وجود ندارد (به طور معمول تا ۱۵ و در صورت بهینه سازی تا ۲۰ سال قابلیت نگهداری در سیلو را دارند) این راکتها را می توان ظرف ۱۵ دقیقه آماده پرتاب کرد. نسل‌های اولیه موشک شهاب ۳ با سوخت مایع کار می کردند ولی با توسعه فناوری ساخت آن نسل‌های بعدی به سوخت جامد مجهز شدند.

راکتها امروزه عموماً برای ارسال محموله به فضا، حمل مواد انفجاری برای اهداف نظامی و... استفاده می شوند. مزایا: اجزای متحرک بسیار کم (فقط در پمپ سوخت و اکسید کننده)، توانایی حرکت در محدوده سرعتی بسیار گسترده (از ۰ تا بیش از ۲۵ ماخ)، کارآمدی در سرعت‌های بالا (ماخ ۱۰ به بالا)، نسبت پشران به وزن بیشتر از ۱۰۰ (بدون احتساب

وزن سوخت) سرعت بسیار زیاد (ماورای صوت)، سرعت گاز خروجی ماورای صوت (Hyper sonic)، نسبت قیمت به پشیران مناسب، توانایی کارکرد در خلا.

معایب: نیاز به سوخت زیاد، (ضربه مخصوص پایین)، تنش حرارتی شدیدی ایجاد می کند، امکان استفاده دوباره از محفظه احتراق آن تقریباً وجود ندارد. و همچنین به علت حمل اکسید کننده، خطر آن زیاد است و در ضمن صدای بسیار زیادی تولید می کند



اکسیژن مایع



شاتل فضایی، مرحله اول پرتاب و کارکرد راکت های سوخت جامد

۱۱- توربوراکت:

موتور توربو جتی است که به آن اکسید کننده ای مثل اکسیژن افزوده اند. در ارتفاع بالا این اکسید کننده با جریان هوای ورودی مخلوط می شود تا کمبود اکسیژن هوای ورودی را جبران کند و به هوایی با اجازه پرواز در ارتفاع بیشتری را می دهد.

مزایا: در ارتفاع بسیار بالا عمل می کند و محدوده ارتفاعی بسیار بزرگی دارد.

معایب: محدودیت سرعت آن مانند توربو جت است، به دلیل حمل اکسید کننده می تواند خطرناک باشد و از راکت معمولی بسیار سنگینتر است.

۱۲- توربورمجت:

این موتور ها ترکیبی از موتورهای رمجت و توربو جت است. به این شکل که یک موتور توربو جت درون یک موتور رم جت قرار دارد.

تا زمانی که هوایی مابه سرعت کافی برای فشرده سازی هوا در ورودی موتور رم جت نرسیده است، ورودی رم جت بسته است و هوا وارد توربو جت می شود. اما وقتی سرعت هوای ورودی به اندازه کافی برای روشن شدن موتور رم جت رسید در چه های توربو جت بسته و در چه های رم جت باز می شود. به این ترتیب هوایی ما می تواند از حالت ایستا نیز شروع به کار کند.

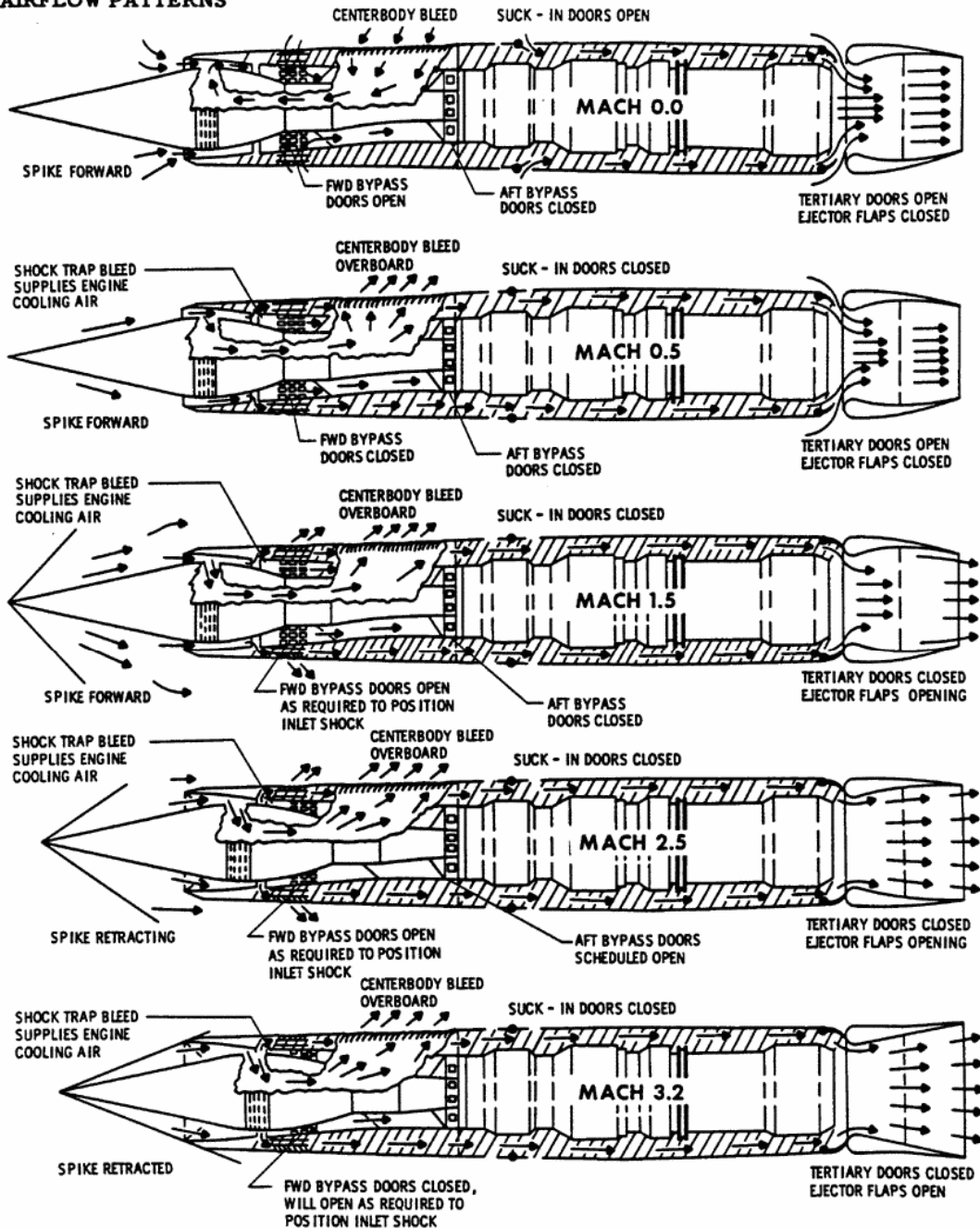
مزایا: توانایی کارکرد در محدوده وسیعی از سرعت و توانایی ایجاد پیشران در حالت ایستا، مزایای توربو جت هنگام کار کردن بخش توربو جت (بجز طراحی ساده) و مزایای رم جت هنگام روشن شدن بخش رم جت (بجز نسبت تراست به وزن بسیار زیاد).

معایب: وزن بیشتر از توربو جت و رمجت، پیچیدگی زیاد و معایب توربو جت هنگام کار کردن بخش توربو جت و معایب رم جت هنگام کار کردن بخش رم جت (بجز ناتوانی در تولید رانش ایستا).



هواپیمای SR_71 که با موتور توربورمجت کار می کند

AIRFLOW PATTERNS



F203-12(4)

Figure 1-21

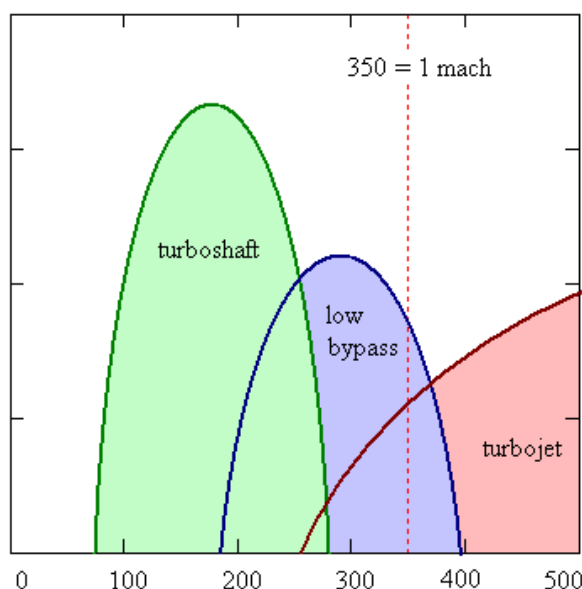
۱۳- Precooled jet:

در این موتور ها ابتدا باید در ورودی موتور تا دماهای بسیار پایینی سرد شود و سپس وارد موتور شود (موتور رم جت یا توربو جت ۹می‌توان با ترکیب کردن مزایا: می‌توان آن را روی زمین آزمایش کرد، نسبت پیشران به وزن بالایی دارد (با استفاده از سوخت مناسب این نسبت به ۱۴ هم می‌رسد)، محدوده سرعتی وسیعی را پوشش می‌دهد (از ۰ تا ۵ ماخ) که این بازه وسیع سرعت امکان ارسال محموله به مدار را به صورت تک مرحله ای وسیع فراهم می‌کند و بای سفرهای بین قاره ای مناسب است.

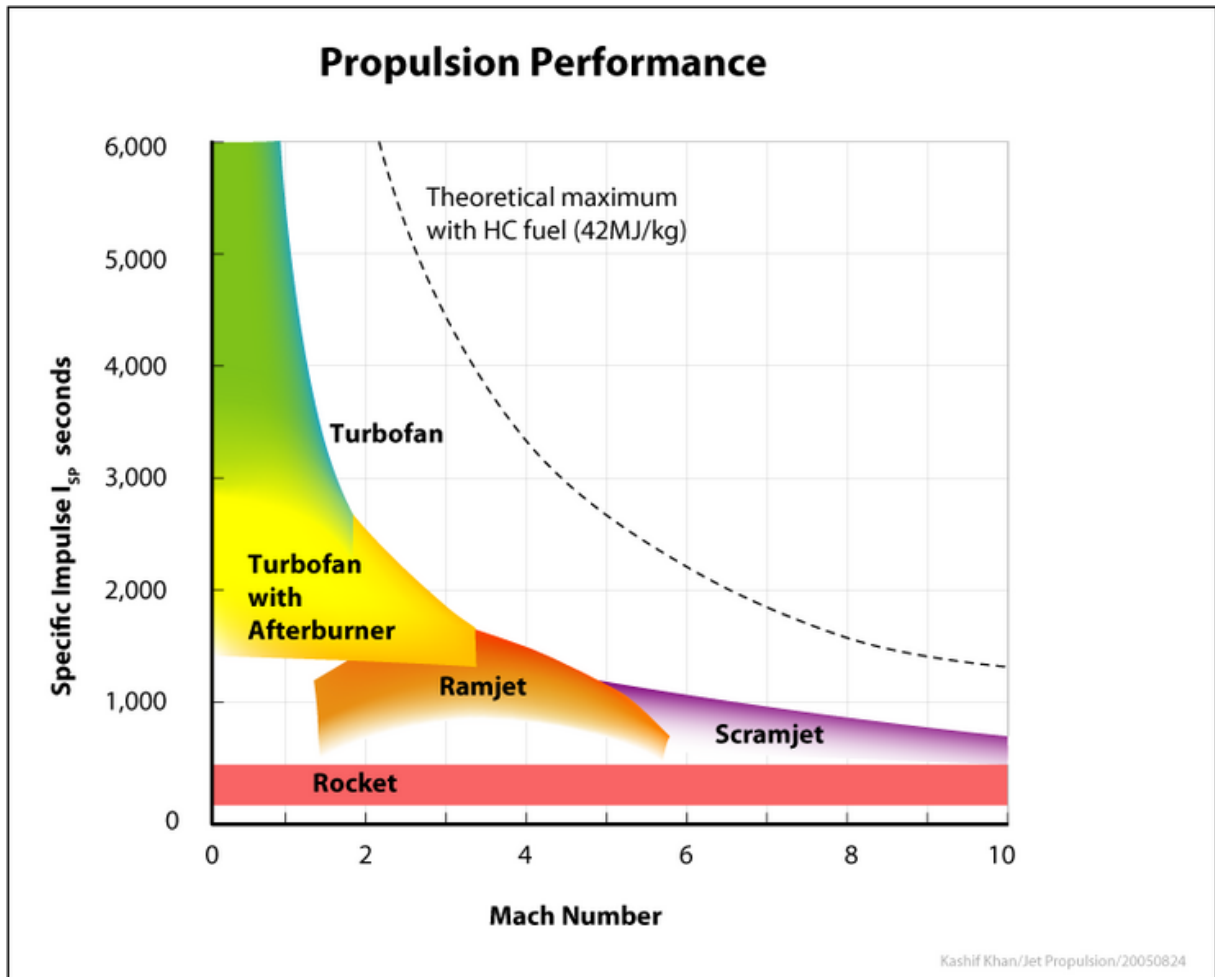
معایب: در حال فقط به صورت نمونه آزمایشگاهی وجود دارد مانند موتورهای : ARTEX – SABRE – RB 545

۱۴- Pulse detonation engine (PDE):

شبیبه موتور پالس جت می‌باشد با این تفاوت که انفجاری که در محفظه احتراق آن صورت می‌گیرد امواج ضربه ای مافوق صوت ایجاد می‌کند این امواج ضربه ای پیشران زیادی تولید می‌کنند . مزایا: از نظر تئوری بیشترین بازده را بین موتور های جت دارد ، بیشترین بازده بهترین موتورهای جت کنونی حدود ۳۰٪ است در حالی‌که برای PDE بازده به ۵۰٪ هم می‌رسد (در تئوری). معایب: بسیار پر صدا، فرسودگی شدید اجزا در زمان کار، مشکل در راه انداختن موتور (مشکل در شروع Detonation یا انفجار مافوق صوت) و فعلاً نمونه واقعی از آن ساخته نشده .



مقایسه بازده انواع موتور جت در سرعت‌های مختلف



مقایسه ضربه ویژه انواع موتور جت در سرعت‌های مختلف

تألیف، ترجمه و گردآوری از: ایمان متین نیا