

بسمه تعالی

دانشگاه علم و صنعت

موضوع تحقیق:

موتور جت

اساتید راهنما:

دکتر مقیمی

مهندس عمادی

گردآورندگان:

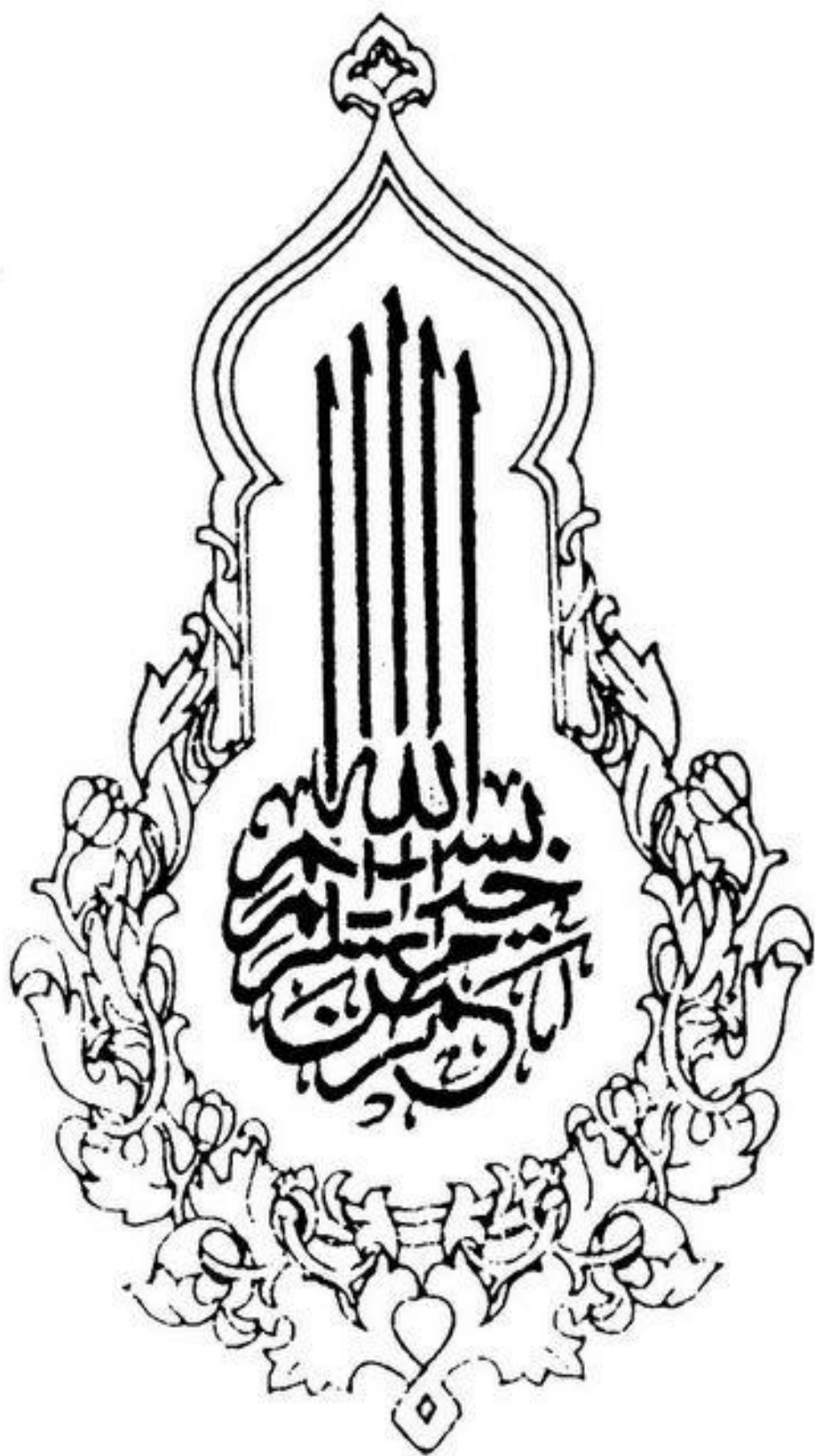
رحیم زاهدی

علیرضا آریان فر

سال تحصیلی ۹۵-۹۶

فهرست

صفحه	عنوان
۴	مقدمه:
۵	تاریخچه:
۸	موتورهای جت چگونه کار می کنند؟
۱۱	اجزا تشکیل دهنده یک موتور جت :
۱۷	انواع موتورهای جت:
۲۱	منابع:



مقدمه:

موتورجت یا موتور شارشی نوعی موتور است که از شتاب دادن و تخلیه شار به برای ایجاد پیش رانش برپایه قانون سوم نیوتن استفاده می‌کند.

با این تعریف گسترده موتورهای مانند توربوجت و توربوفن و رمجت و موتور موشک، گونه‌ای موتور جت به‌شمار می‌روند؛ ولی معمولاً منظور از موتور جت توربینی است که با بیرون‌دادن گاز داغ برای پیش رانش به‌کار می‌رود.

اصول پایه کارکرد این نوع موتورها تقریباً ساده است، هوا از طریق یک مجرای ورودی به بخش کمپرسور وارد شده و متراکم می‌شود، سپس هوای متراکم وارد محفظه احتراق شده و با اضافه شدن سوخت مشتعل می‌شود. گرمای ناشی از احتراق مخلوط هوا و سوخت باعث منبسط شدن و جریان یافتن آن به سمت انتهای موتور می‌گردد، این جریان منبسط شونده از میان یک سری پره‌های توربین عبور می‌کند که از طریق یک شفت به کمپرسور متصل شده‌اند. هوای منبسط شده توربین را به گردش در می‌آورد که در نتیجه باعث به حرکت در آمدن کمپرسور نیز می‌شوند.

زمانی که هوای منبسط شونده بخش توربین را نیز پشت سر گذاشت با سرعتی بسیار بیشتر از زمانی که وارد موتور شده از آن خارج می‌شود که این تفاوت سرعت بین هوای ورودی و خروجی رانش مورد نیاز را ایجاد می‌کند. در واقع موتورهای توربو جت شتاب بسیار زیادی به حجم کمی از هوا می‌دهند.

موتورهایی که از اصول کار موتورجت بهره‌می‌برند ولی پیش رانش در آن‌ها با ملخ انجام می‌گیرد توربوپراپ نام دارند و نوعی موتور جت به‌شمار نمی‌روند.

تاریخچه:

موتور جت هواپیما که هوای داغ پرفشاری را تولید می کرد توسط (Sir Frank Whittle) خلبان و مهندس هواپیمای انگلیسی اختراع شد و از این رو، وی را پدر موتور جت می نامند.

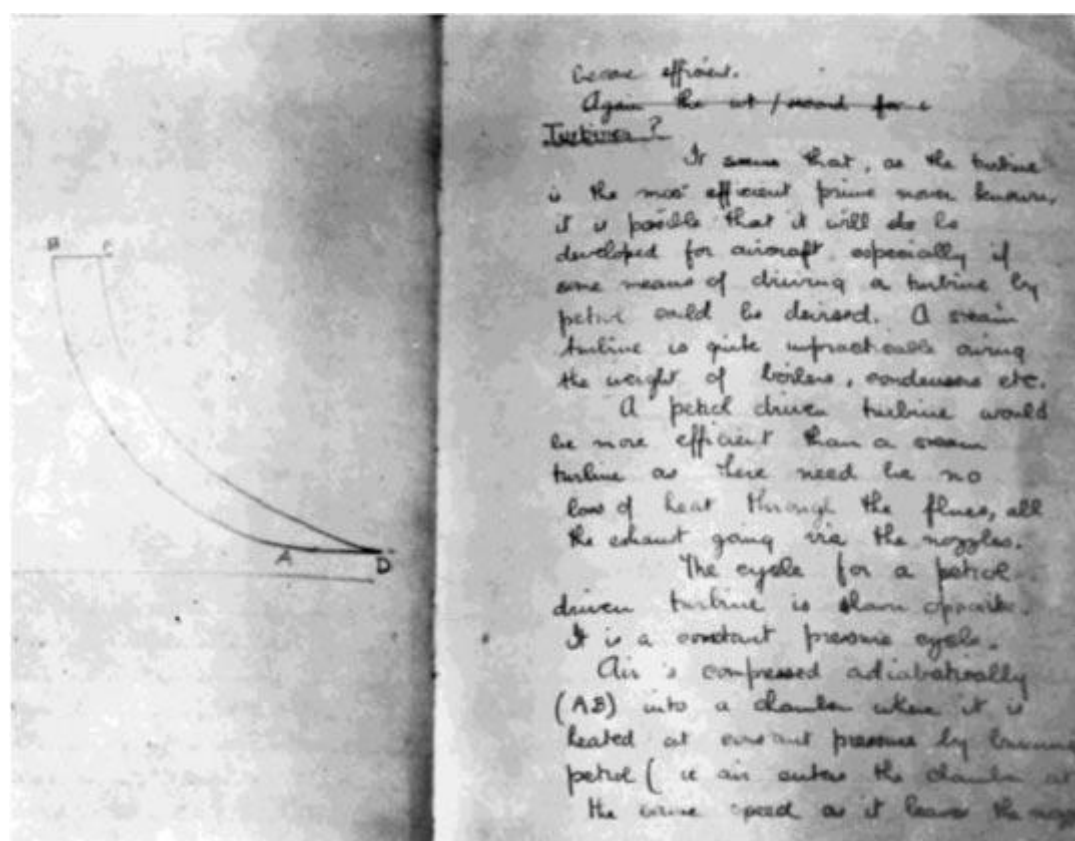


فرانک ویتل

ویتل در سال ۱۹۰۷ در شهر کاونتری به دنیا آمد. پدرش مکانیک بود. در سن ۲۶ سالگی به عنوان خدمه پرواز در کران ول به نیروی هوایی سلطنتی انگلستان پیوست و در سال ۱۹۲۶ با قبولی در معاینات پزشکی _ خلبانی به دانشکده نیروی هوایی سلطنتی راه یافت.

Surname (in capitals)	Christian Names		College															
WHITTLE	FRANK		PETERHOUSE															
Date of Birth: 1st JUNE 1907	Term 1937																	
Date of Entering Eng. Dept: Long Vao	Mr Burdick																	
Home Address: Blackmoor, Hunsdon Road, Tunbridge Wells	Learning College, Training School for Cadets Royal Air Force, Abbotsbury Wing, RAF College, Cranwell, Lincolnshire																	
Scholarships or Exhibitions																		
Examinations already passed	Maths, Trig, Phys	Tests	Class															
	Qualifying Exam. in Maths. and Mech.		Date															
NOT TO BE FILLED UP																		
Progressed	Course		Dist. Pilot															
Attained	LV	M	L	E	LV	M	L	E	LV	M	L	E	LV	M	L	E	LV	
	1934	1934	1935	1935	1935	1936	1936	1936	1936	1937	1937	1937	1937	1937	1937	1937	1937	1937
Result of Examinations	Date		Class		Allowances		Mech. Sciences Tripos		Date		Class							
Qualifying	Oct 1934						1st Exam. Eng. Studies		1936		I							
1st Yr. Prelim.	1935		I				2nd											
2nd							3rd											

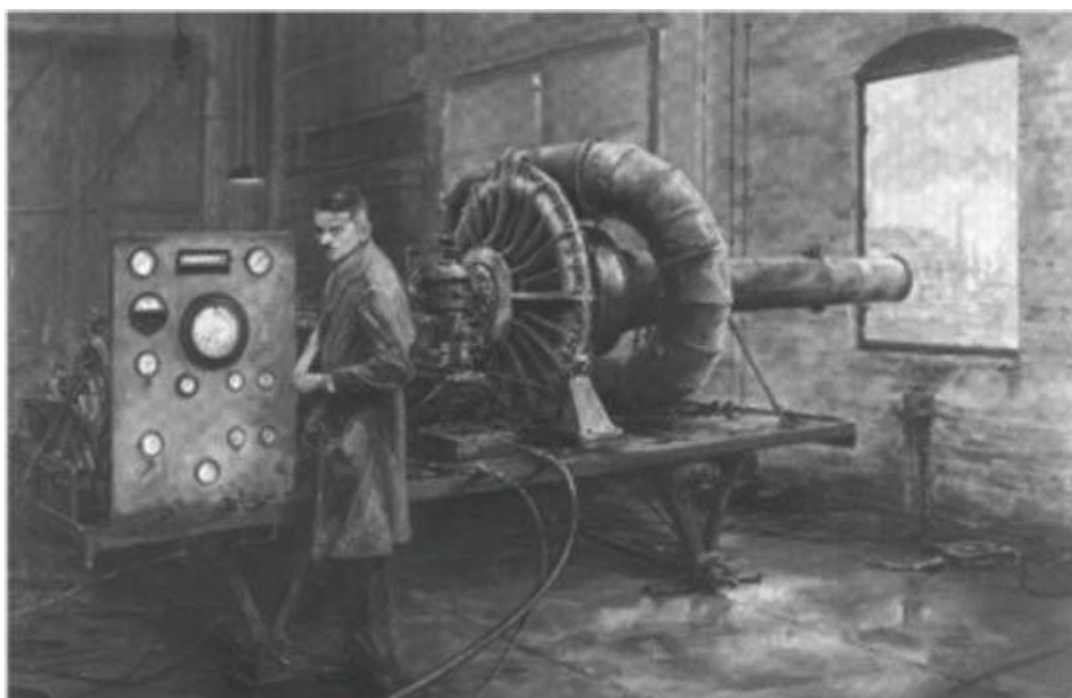
او به عنوان يك خلبان بی پروا شهرتی بسزا به دست آورد و در سال ۱۹۲۸ تز فوق لیسانسش با عنوان «پیشرفت های آتی در طراحی هواپیما» که در آن راجع به امکان نفوذ راکت به هواپیما بحث شده بود را به رشته تحریر درآورد.



تصویری از تز فرانک ویتل در سال ۱۹۲۸

ویتل پس از فارغ التحصیلی از دانشکده نیروی هوایی سلطنتی، به اسکادران جنگی ملحق شد و در اوقات فراغتش به مطالعه درباره اصول طراحی موتور توربوجت مدرن می پرداخت. یکی از اساتید پرواز که تحت تاثیر ایده او در زمینه هواپیماهای ملخ دار قرار گرفته بود، او را به نیروی هوایی و یک کارخانه خصوصی مهندسی توربین معرفی کرد. پس از مدتی همه به این نتیجه رسیدند که عقاید و نظریات ویتل غیر عملی است. او در سال ۱۹۳۰ ایده موتور جت را به صورت انحصاری به ثبت رساند و در سال ۱۹۳۶ با تاسیس کارخانه خصوصی «پاور جت» به ساخت و آزمایش اختراعش پرداخت.

در سال ۱۹۳۷ اولین موتور جت خود را بر روی زمین آزمایش کرد.



فرانک ویتل در حال آزمایش اولین موتور جت در سال ۱۹۳۷

تا آن زمان او همچنان از سرمایه و حمایت اندکی برخوردار بود. در ۲۷ آگوست، ۱۹۳۹ «هانیکل اچ ای ۱۷۸» که توسط «هانس یوخیم پابست فون اوهاین» آلمانی طراحی شده بود اولین پرواز موتور جت در تاریخ را به انجام رساند. مدل موتور جت آلمانی به صورت مستقل از تلاش های ویتل تکمیل شده بود.



اولین هواپیمایی که از موتور جت استفاده می کرد.

یک هفته پس از پرواز «اچ ای ۱۷۸»، جنگ جهانی دوم در اروپا آغاز شد. پروژه ویتل، فضایی دوباره برای تحقیق و آزمایش یافت. نیروی هوایی سفارش ساخت موتور جت جدیدی را به شرکت «پاور جت» داد و از شرکت هواپیمایی گلاستر خواستار تولید هواپیمایی آزمایشی با مشخصات یکسان به نام E28/39 شد.

در ۱۵ مه ۱۹۴۱، هواپیمای جت گلاستر ویتل E28/39 با موتور جت تکمیل شده توسط شرکت توربین انگلستان که تا آن روز به عقاید ویتل بی توجه بود، به پرواز درآمد.

هواپیمای ویتل در پروازهای آزمایشی اولیه به خللانی «گری سائر» به سرعت ۳۷۰ مایل در ساعت در ارتفاع ۲۵ هزار پایی رسید که سریع تر از هر هواپیمای ملخه ای تا آن زمان بود.

همچنان که شرکت هواپیمایی گلاستر در زمینه هواپیماهایی با موتور توربو جت برای جنگ تحقیق می کردند، ویتل آمریکایی ها را در تکمیل موفقیت آمیز اولین نمونه موتور جت یاری می داد.

کتاب وی با نام «جت، داستان یک پیشرو» در سال ۱۹۵۳ منتشر شد. او در سال ۱۹۷۷ استاد تحقیق آکادمی فنون و علوم هوایی آمریکا در آنابولیس مری لند شد. وی در سال ۱۹۹۶ در شهر مری لند ایالت کلمبیا چشم از جهان فرو بست.

موتورهای جت چگونه کار می کنند؟

بطور کلی موتور جت یک موتور واکنشی است که سیال را بر اساس قانون سوم نیوتن با سرعت بالا به حرکت در می آورد (سومین قانون حرکت نیوتون به این صورت بیان می شود که : هر عملی را عکس العملی است ؛ مساوی آن و در جهت خلاف آن .. این قانون به قانون کنش و واکنش هم معروف می باشد. یعنی که هرگاه جسمی به جسمی دیگر نیرو وارد کند جسم دوم نیز نیرویی به همان بزرگی ولی در خلاف جهت بر جسم اول وارد می کند. باید توجه داشت که این دو نیرو به دو جسم مختلف وارد می گردند و نباید آنها را با هم برآیندگیری کرد. مثلاً هنگامی که شخصی بر دیوار نیرو وارد می کند دیوار نیز بر شخص نیرو وارد می کند اندازه این دو نیرو با هم برابر می باشد ولی نیروی اول

به دیوار وارد می شود و نیروی دوم به شخص) این تعریف کلی از موتورهای جت در برگیرنده توربو جت ها، توربو فن ها و راکت ها می باشد.

به طور عمومی بیشتر موتورهای جت از نوع موتورهای احتراق درونی (internal combustion) هستند ولی انواع غیر درونی وجود دارد. در استفاده های عمومی لفظ "موتور جت" به یک توربین گازی که از داخل احتراق پیدا می کند اطلاق می شود، موتوری که با یک مترکم کننده گردشی که از یک توربین نیرو می گیرد کار می کند. این موتور ها اولین ساختاری بودند که در موتورهای جت به کار رفتند.

موتورهای جت بر عکس موتورهای پیستونی که در آنها نیروی محرکه از طریق یک پیستون که در یک سیلندر بالا و پایین می شود، تأمین می شود، با چرخش مداوم یک توربین و کمپرسور نیروی محرکه را تأمین می کنند. در نتیجه بازده بالاتر و صدای کمتری نسبت به موتورهای پیستونی تولید می کنند. موتورهای جت از سه قسمت اصلی تشکیل شده اند که عبارتند از کمپرسور، محفظه ی احتراق و توربین. توربین در قسمت انتهایی موتور قرار دارد و نیروی محرکه کمپرسور را تأمین و از طریق یک یا چند میله (Shaft) به کمپرسور می رساند.

در حقیقت، تمام موتورهای جت که توربین دارند، نوع پیشرفته تری از همان موتورهای توربین گازی هستند که در زمانهای دورتر استفاده می شده است. از موتورهای توربین گازی بیشتر برای تولید برق نه تولید نیروی رانش استفاده می شود.

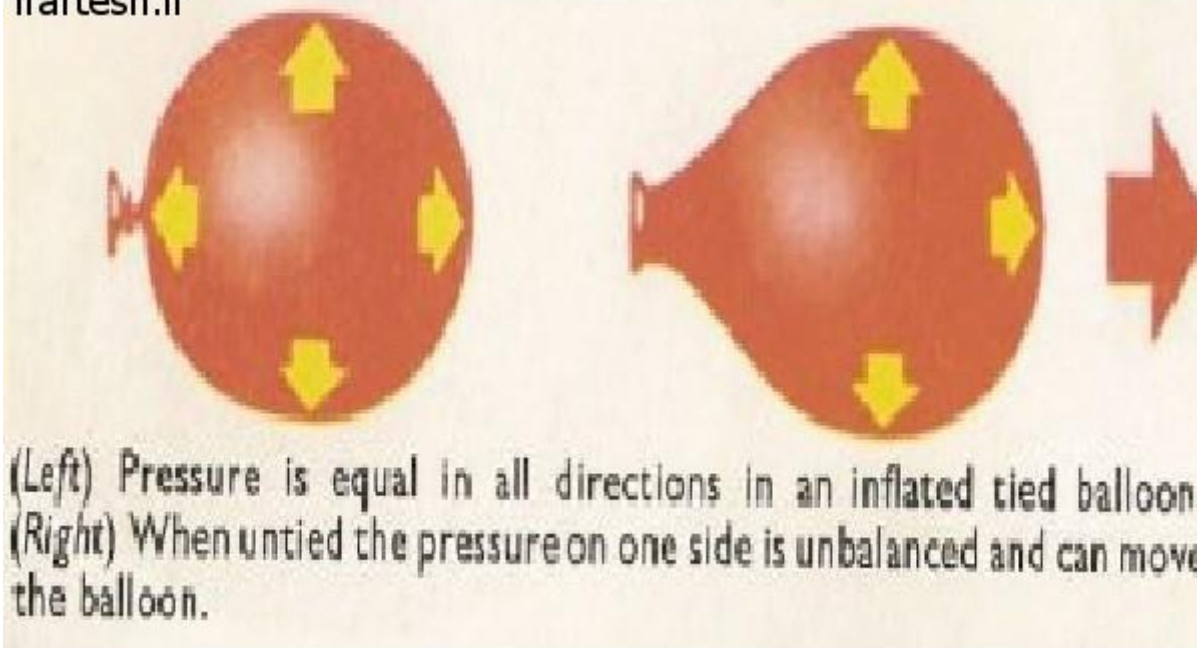
موتورهای جت کلاً بر پایه ی موارد زیر کار می کنند: هوا از ورودی (intake) وارد موتور جت شده و سپس با چرخاندن توربین نیروی لازم را برای مکش هوا برای سیکل بعدی آماده کرده و خود از خروجی (exhaust) خارج می شود. در این حالت فشار و سرعت هوای خروجی، بدون در نظر گرفتن اصطکاک، با سرعت و فشار هوای ورودی برابر است. سیکل کاری موتورهای جت پیوسته است، این بدین معناست که هنگامی که هوا وارد کمپرسور می گردد، به سوی توربین عقب موتور رفته و آن را نیز همراه با خروج خود به حرکت در می آورد، یعنی نیروی لازم برای مکش در حقیقت به وسیله توربین انتهایی موتور تولید شده است و بدین گونه است که همزمان با ورود هوا به کمپرسور، توربین نیز به وسیله نیروی تولید شده توسط سیکل قبلی در حال چرخش است و نیروی آن صرف چرخاندن کمپرسور می شود. در این فرآیند، دوباره نیروی تولید شده توسط این سیکل به توربین داده شده و توربین نیروی لازم جهت ادامه کار را فراهم می آورد.

بنابر این موتوری که با خارج کردن سیال از آگروز به سمت عقب، کار : (Aerocenter) ابروسنتر می کند و با استفاده از واکنش آن وسیله نقلیه را به جلو می راند می تواند تعریف ساده ای از موتور جت باشد. هم موتورهای جت و هم موتور های موشک به این نحو کار می کنند یعنی هر دو موتورهای واکنشی به حساب می آیند با این تفاوت که موتور موشک ها در تمام خوراک خود را درون خود حمل می کنند و می توانند در محیط خلا نیز فعال باشند ولی موتورهای جت فقط در اتمسفر کار می کنند.



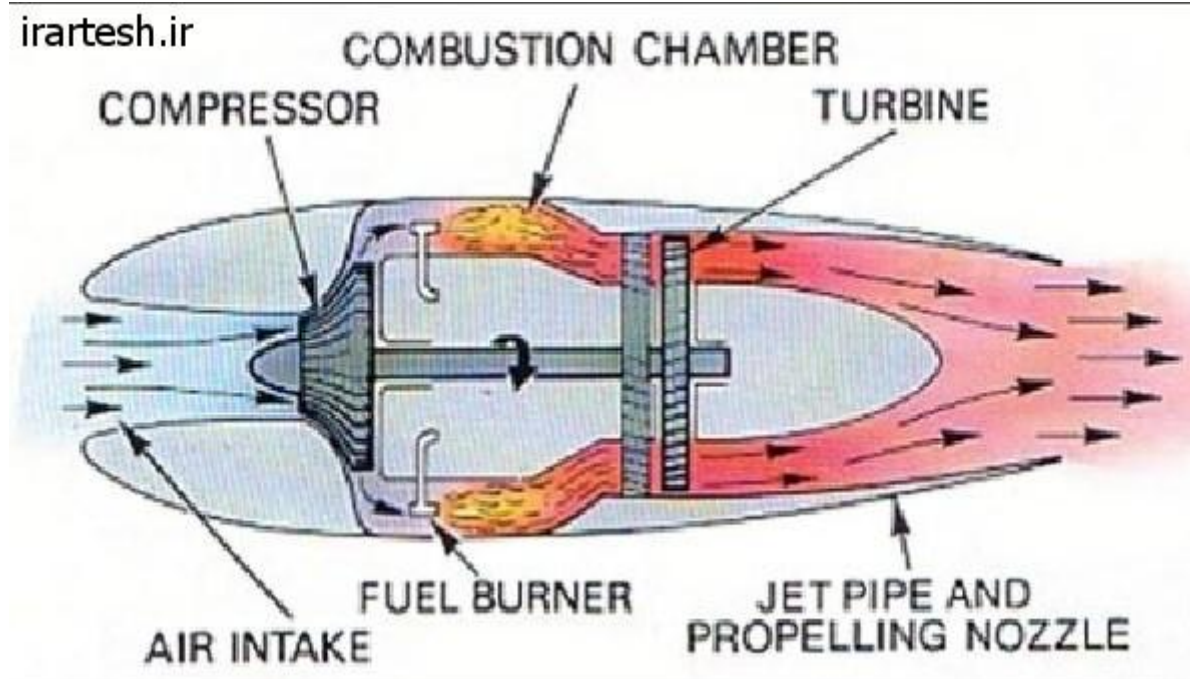
همانطور که پیشتر اشاره شد، الگوی کارکرد تمامی موتورهای جت (و موتور موشک ها) بر اساس قانون سوم نیوتن است. هر عملی عکس العملی دارد ، مساوی و در جهت مخالف با آن. اما این موضوع را می شود با استفاده از یک بادکنک بیشتر توضیح داد.

اگر یک بادکنک باد شده را رها کنیم ، به پرواز در می آید. شاید به نظر برسد که حرکت بادکنک به این خاطر است که جریان هوای خروجی در حال فشار دادن هوای اطراف خود است همان طور که یک قایق با استفاده از پارو به جلو حرکت می کند. ولی این طور نیست. این بادکنک در محیط خلا نیز به همین ترتیب حرکت خواهد کرد بلکه هم با سرعت بیشتر. توضیح این مسئله به این صورت است که در یک بادکنک باد شده فشار هوا در داخل آن در تمامی جهات یکسان است و بادکنک در تعادل قرار دارد به همین خاطر هم هست که حرکت نمی کند و ثابت قرار می گیرد. ولی وقتی که آن را رها کنیم، فشاری که تا قبل از این در مقابل هوا بود از بین می رود و هوا شروع به خارج شده می کند. ولی از طرف دیگر و در جهت مخالف آن هنوز فشار هوا به دیواره بادکنک وجود دارد و مانند قبل دیگر تعادلی وجود ندارد. به همین خاطر است که بادکنک در جهت مخالف با خروج هوا شروع به حرکت می کند.



اجزا تشکیل دهنده یک موتور جت :

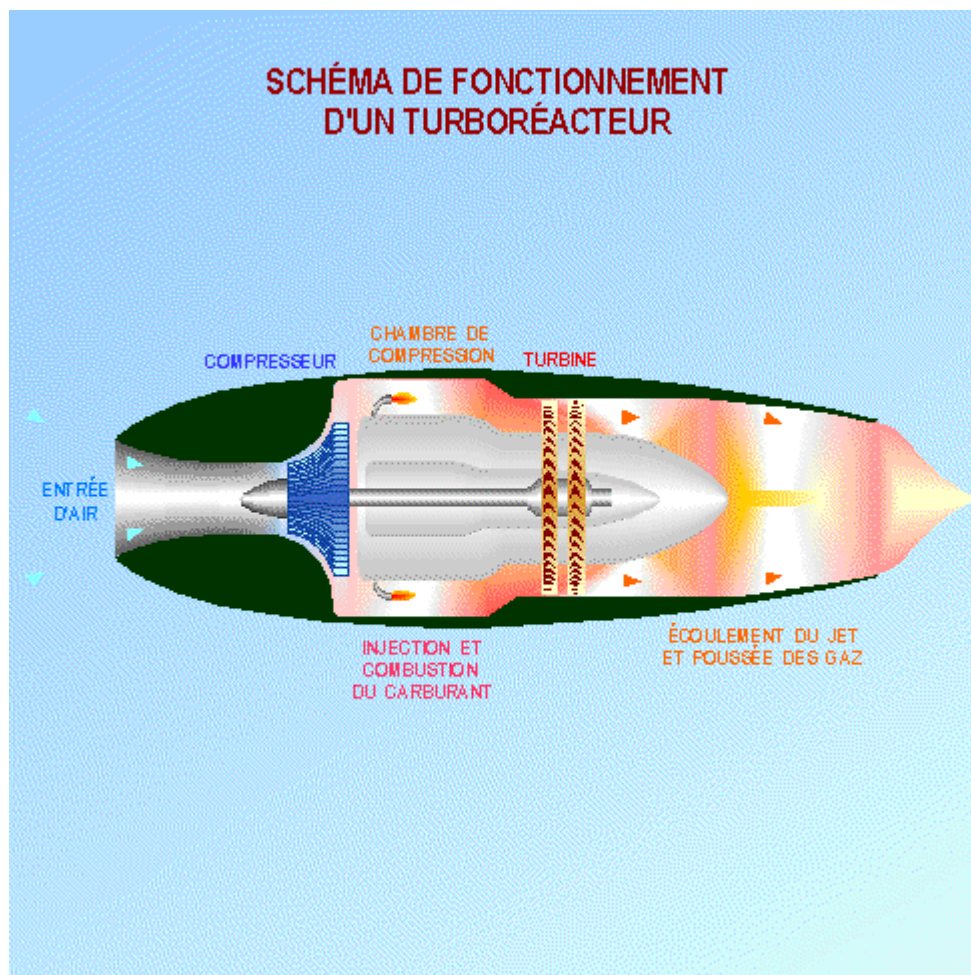
کمپرسور دارای تعداد . به داخل موتور کشیده و فشرده می شود compressor هوا به وسیله کمپرسور است که در یک محور با سرعت زیاد چرخش می کنند. هوای فشرده شده blade بسیار زیادی تیغه روانه می شود، جایی که سوخت به آن اضافه و combustion chamber به داخل محفظه احتراق مخلوط می شود و احتراق صورت می گیرد. در یک مدل از موتور جت نسبت هوا به سوخت، نسبت ۱۰۰ به ۱ کیلوگرم است. در این قسمت دمای هوا بسیار بالا می رود. پس از خارج شدن هوا از می شود. turbine محفظه احتراق ، جریان هوای گرم تولید شده باعث چرخاندن تیغه های توربین مرکزی، توربین را به کمپرسور متصل می کند. بنابر این کمپرسور به shaft یک میله انتقال قدرت وسیله انرژی آزاد شده هوای گرم ، به چرخش در می آید. مقدار بسیار زیادی از انرژی باقیمانده است. مقدار هوای باقیمانده تمایل به منبسط شدن دارد در حالی که همچنین فضایی درون موتور وجود ندارد. پس هوا مسیر خود را به طرف خروجی دنبال می کند و مانند بادکنکی که توضیح داده شد، می شود thrust باعث به وجود آمدن پیشرانش

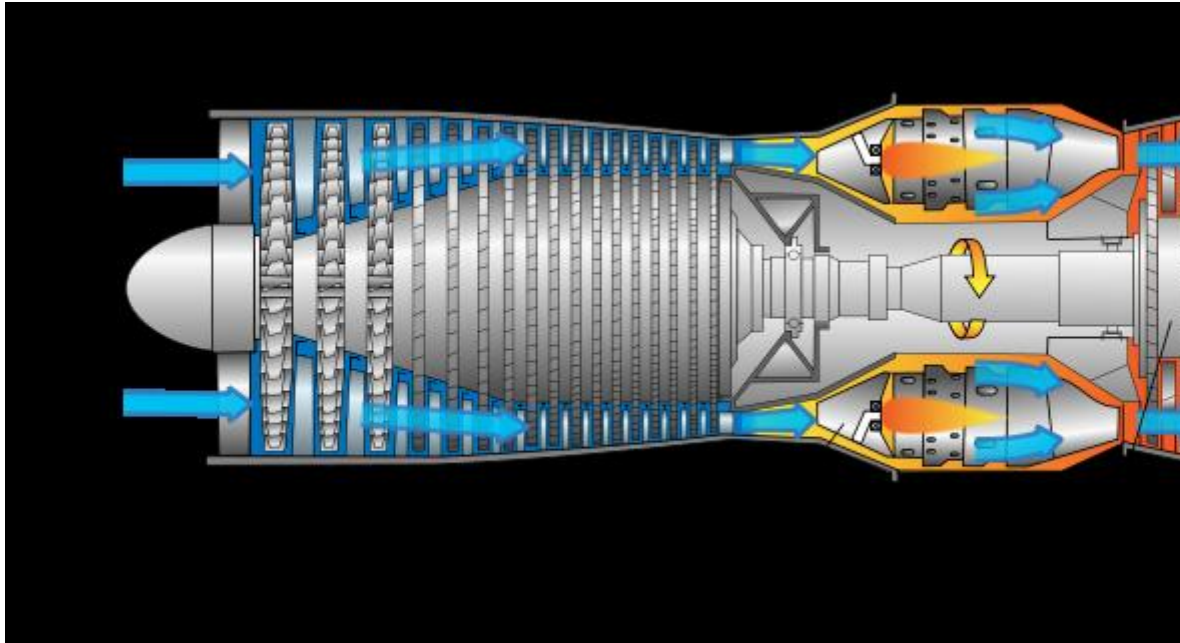


turbojet موتورهای توربو جت

اولین نمونه از موتورهای جت که بعد ها گسترش یافته و کاملتر شدند و امروزه نیز کاربرد فراوان در Frank whittle دارند، موتورهای توربوجت هستند. این نوع موتور توسط فرانک ویتل در آلمان اختراع شد hans von ohain انگلستان و به طور جداگانه توسط هانس ون اهین بزرگ چرخان است به داخل موتور fan هوا به وسیله کمپرسور که به صورت پایه ای یک پره توربوجت کشیده می شود. کمپرسور سرعت ورود هوا به داخل را کم می کند، فشار را بالا می برد و آن را به طرف محفظه احتراق هدایت می کند. در محفظه سوخت به هوای فشرده اضافه و مخلوط می شود. نتیجه اینکه هوای داغ، شروع به انبساط می کند، از بین پره های توربین عبور کرده و از خارج می شود با اینکار نیروی پیشران به وجود می آید. قبل از این که گازها از nozzle نازل آگروز موتور خارج شوند به سمت پره های توربین هدایت می شوند و آنها را با سرعت زیاد به چرخش در می آورند. هدف از چرخاندن توربین، به حرکت در آوردن کمپرسور است که با شفت به یکدیگر متصل هستند و باعث می شود که کشیدن هوا به داخل موتور ادامه یابد. در حقیقت عاملی که باعث حرکت می شود تفاوت فشار در عقب و جلوی موتور است. همانطور که توضیح داده شد هوای خروجی از موتور بسیار فشرده و داغ است در حالی که هوای ورودی به موتور این طور نیست. پس مسئله ای که باعث حرکت می شود تفاوت فشار در عقب و جلوی موتور است. هر چقدر که این فشار بیشتر باشد نیروی تولیدی توسط موتور بیشتر است. انرژی که توسط توربین برای چرخیدن گرفته می شود باعث می شود که این تفاوت کم شود بنابراین یکی از اهداف احان این است که انرژی مورد نیاز توربین را به حداقل برسانند که خود باعث به حداکثر η اصلی ط

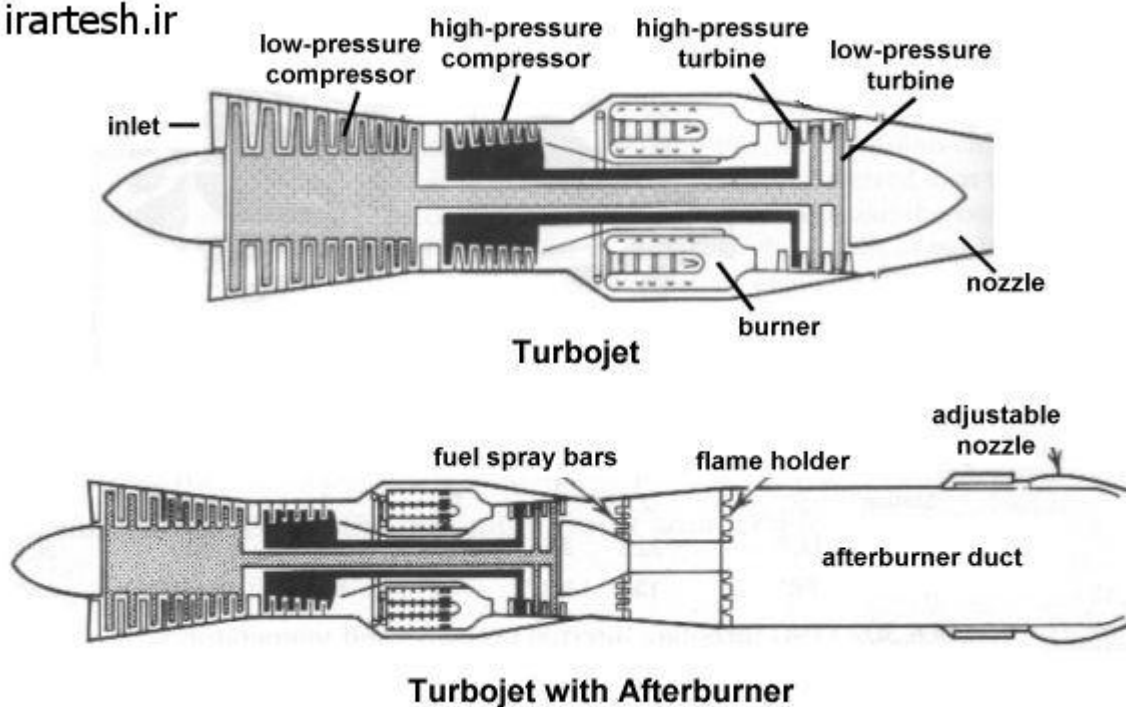
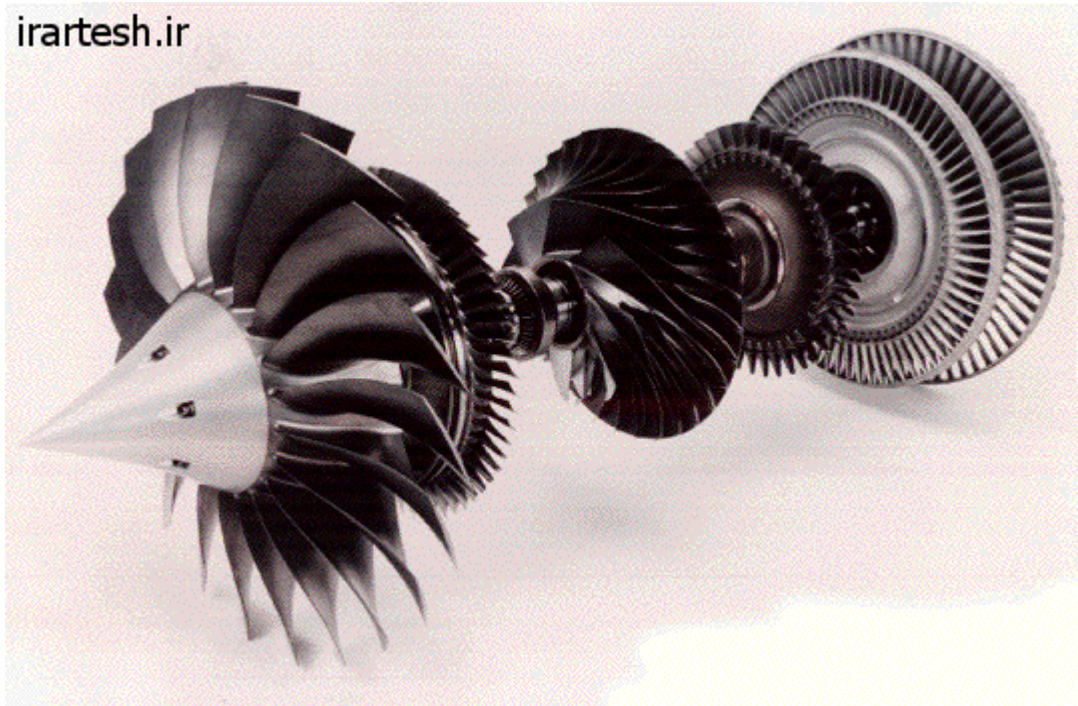
رساندن نیروی پیشران می شود
بهترین گزینه پیش رو برای افزایش قدرت موتور به خصوص در موارد نظامی ، اضافه کردن
به موتور است after burner امکان پس سوز





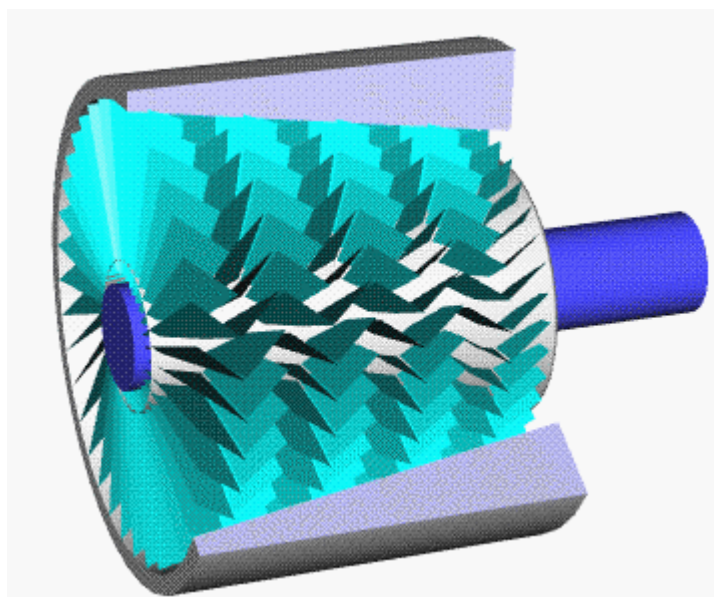
فن های دوتایی

، موتورهای پر مصرفی به Messerschmidt موتورهای جت ابتدایی مانند مسراشمیت ۲۶۲ حساب می آمدند. بنابر این اولین مشکل پیش روی طراحان ، طراحی موتورهایی بود که بتوانند با مصرف سوخت کمتر، نیروی بیشتری حاصل کنند. راه حل این مشکل توسط شرکت آمریکایی ارائه Dual spool تحت عنوان فن های دوتایی ۱۹۴۸ در سال pratt & whitney پرات اند ویتنی شد. موتورها به وسیله دو عدد کمپرسور مستقل به جای تک کمپرسور ، مسلح شدند تا نسبت فشار را بیشتر کنند. این دو سیستم یاد شده به طور جداگانه به توربین هایی در انتهای موتور وصل شدند. low-pressure کمپرسوری که به ورودی نزدیکتر است تحت عنوان کمپرسور کم فشار به خارج ترین توربین وصل شد و البته کمپرسور solid به وسیله یک شفت تو پر compressor معروف است به وسیله یک high-pressure compressor درونی تر که به کمپرسور پر فشار شفت تو پر از درون این شفت عبور می کند به توربین داخلی متصل میشود (hollow شفت تو خالی)



نیروی هوایی آمریکا بود بتواند در f-100 که پیشران j-57 تمامی این امکانات باعث شد تا موتور سال ۱۹۵۳، اولین هواپیمایی باشد که بدون شیرجه رفتن، به سرعت صوت دست پیدا کرده است. u-2 و همچنین هواپیمای شناسایی b-52 این موتور همچنین بر روی بمب افکن معروف آمریکایی از این موتور DC-8 نیز نصب شد. در میان هواپیماهای غیرنظامی نیز بوئینگ ۷۰۷ و داگلاس باز turbofan را برای رسیدن به موتور های توربو فن dual spool بهره می برند.

هم زمان با بهبود عملکرد این موتورهای جت، طراحان با مشکل جدیدی مواجه شدند به اسم به این معنا که : در سرعت معینی در هنگام پرواز، . compressor stall واماندگی کمپرسور کمپرسور مقدار هوایی بیشتر از توانایی موتور برای استفاده به داخل می کشید. واماندگی کمپرسور باعث به وجود آمدن یک توده هوا می شد که با شدت بیشتری از حد معمول به داخل موتور وارد می شد. نتیجه اینکه موتور تمام نیروی پیشران خود را از دست می داد و حتی در مواقعی هم باعث از بین رفتن تیغه های کمپرسور می شد. راه حل این مشکل توسط جر هارد نیومن، یکی از مهندسان شرکت جنرال الکتریک به دست آمد. نیومن تیغه های جدیدی اختراع کرد که مانند بقیه تیغه های کمپرسور بر روی آن نصب می شدند ولی مانند آنها نمی چرخیدند و فقط می توانستند که زاویه خود را در مقابل جریان ورودی هوا تغییر دهند. در مواقعی که جریان هوا به میزان معمول است این پره ها با کمترین زاویه خود نسبت به مسیر هوا قرار می گیرند تا جریان هوا بدون مزاحمت بتواند عبور کند ولی در هنگامی که امکان واماندگی کمپرسور وجود دارد، این تیغه ها با قسمت پهن خود در مقابل هوا قرار می گیرند تا جلوی ورود هوای اضافی را به درون موتور بگیرد. این تکنولوژی شرکت جنرال الکتریک به کار گرفته شد تا شاهد به وجود آمدن یک موتور واقعی J-79 در موتور فانتوم استفاده شده است. در تصویر زیر F-4 برای پرواز فراصوت باشیم. این موتور در هواپیمای هستند variable stator پره های ثابت همان



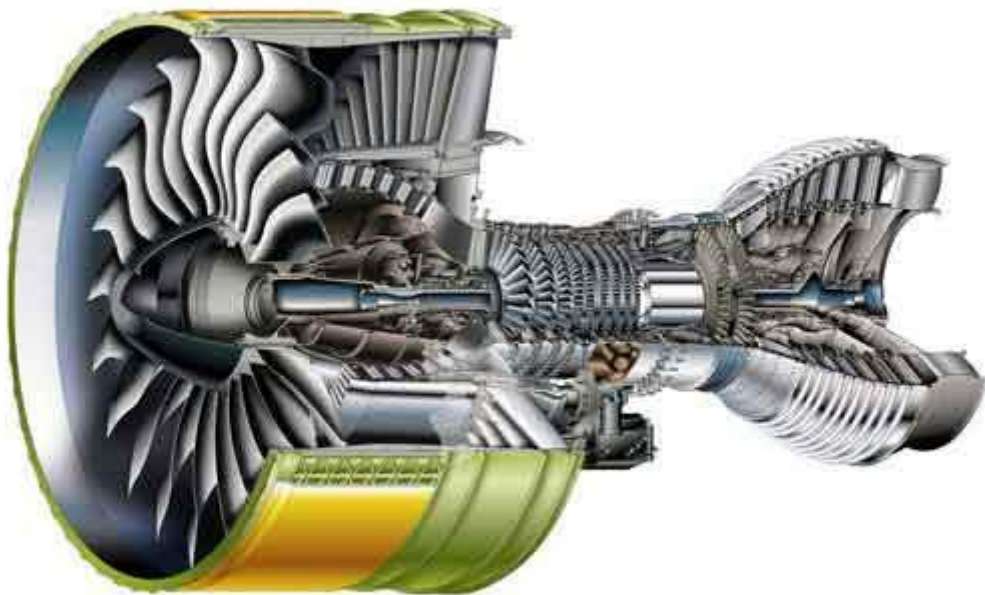
mig- از هواپیماهایی که در ایران هستند و از موتور های توربو جت استفاده می کنند می توان به استفاده می کند. در حالی که موتور twin-shaft اشاره کرد که از دو شفت RD-33 با موتور 29 استفاده می کند single-shaft است از تکنولوژی یک شفت J-85 که همان F-5



یکی از قوی ترین موتورهای توربو جت rd-33

انواع موتورهای جت:

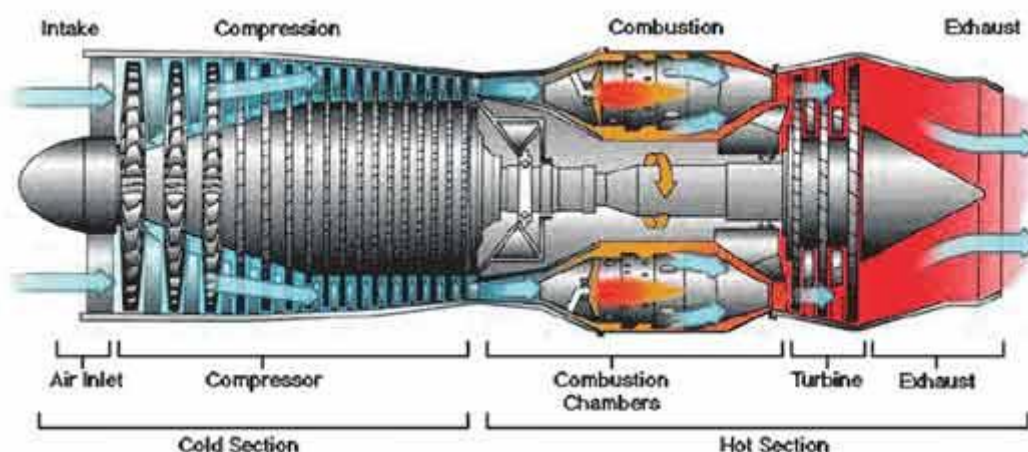
موتورهای توربو فن یا Turbo Fan



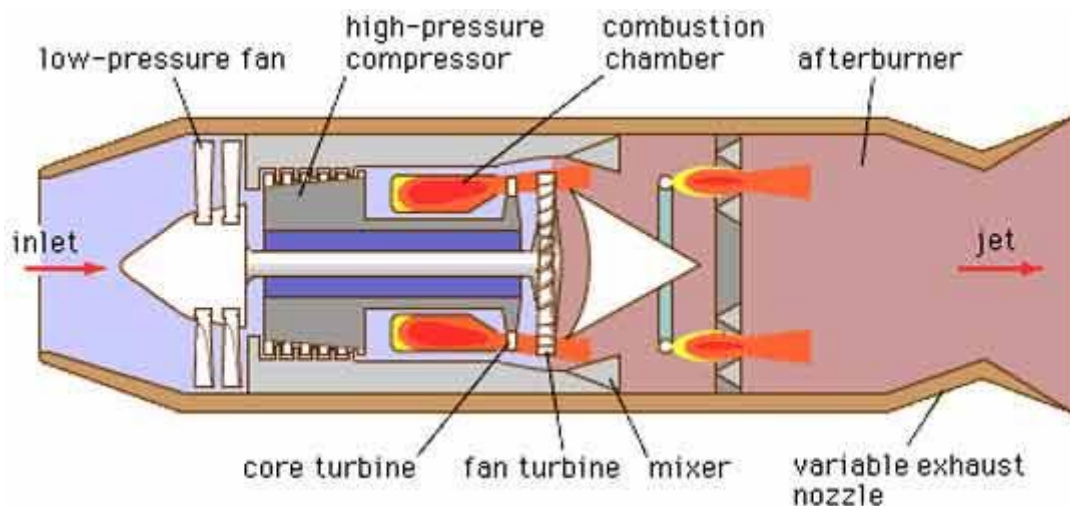
موتورهای توربو فن در حقیقت چیزی میان موتورهای توربو جت و توربو پراپ هستند. بازده موتورهای توربو فن بسیار زیاد است، و به همین علت هم در بسیاری از هواپیماهای مسافربری و ترابری در سرعت های ساب سونیک Sub Sonic از آن ها استفاده می شود. در موتورهای توربو فن، ابتدا هوا کمپرس شده سپس وارد اتاقک احتراق می شود و بعد از انفجار از طریق شیبوره یا نازل خروجی خارج شده و در طی این فرآیند، نیروی تراست لازم را جهت رانش هواپیما به جلو تامین می نماید. البته در موتورهای توربو فن، مقادیر دیگری از هوا از طریق کنارگذر نیز عبور داده می شود

که در نهایت به گازهای خروجی داغ پیوسته و نیروی تراست را افزایش می دهد. تفاوت موتورهای توربوفن با توربوپراپ در این است که موتورهای توربوپراپ، فن یا ملخ ایجاد کننده تراستشان در خارج از پوسته موتور قرار گرفته اما در موتورهای توربوفن، ملخ یا فن تولید کننده تراست کاملاً در درون پوسته موتور قرار گرفته است.

موتورهای توربوجت یا Turbo Jet

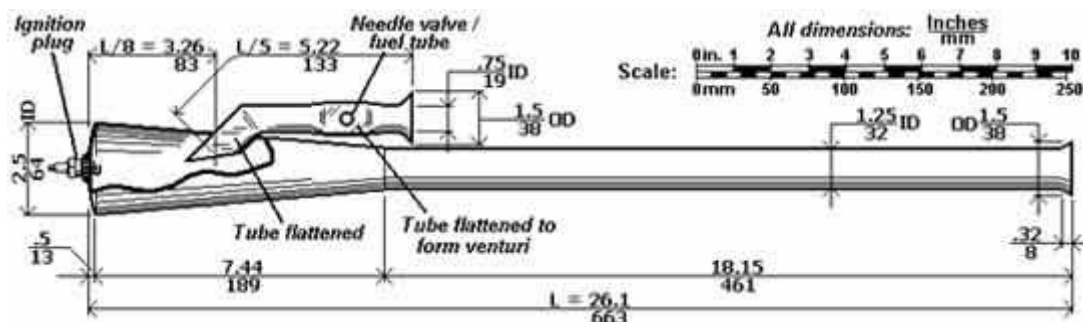


موتورهای توربوجت، بیشتر بر نیروی تولیدی از گازهای خروجی اتکا دارند و در هواپیماهایی بیشتر کاربرد دارند که با سرعت های مافوق صوت حرکت می کنند. در موتورهای توربوجت، ابتدا، هوا وارد کمپرسور شده و متراکم می گردد. اما چون این هوا با سرعت نسبتاً زیادی وارد موتور گردیده برای احتراق مناسب نمی باشد و بیشتر سوخت مصرف شده، بدون اشتعال هدر می رود. به همین دلیل هوا به قسمت دیفیوژر یا همان کاهنده سرعت فرستاده می شود تا از سرعت آن کاسته شود. در دیفیوژر، ابتدا از سرعت هوا کاسته و بر دما و فشار آن افزوده می شود. سپس این هوای آماده برای احتراق، به اتاقک احتراق فرستاده می شود. در اتاقک احتراق یا Chamber Combaustion، هوا ابتدا وارد لوله احتراق گشته، با سوخت مخلوط شده سپس منفجر می گردد. قسمتی از نیروی حاصله از این انفجار صرف گرداندن توربین شده و مابقی برای تولید نیروی رانش به کار می رود. گاهی در هواپیماهای توربوجت، بعد از شیبوره خروجی یا نازل، قسمتی به نام پس سوز یا After Burner قرار می دهند که بر نیروی تراست می افزاید.



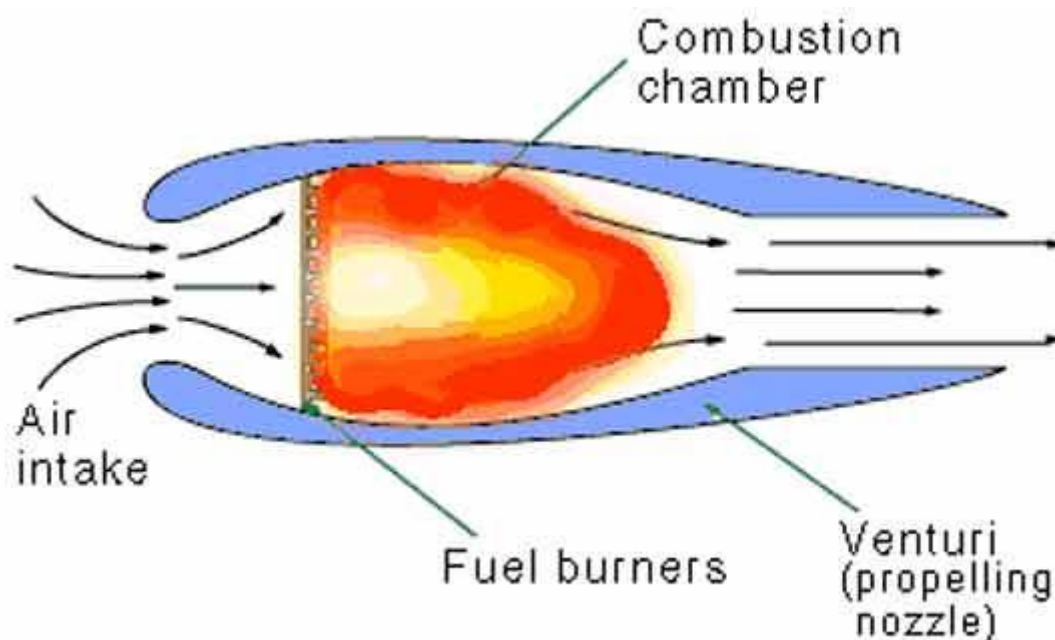
هنگامی که گازهای خروجی از موتور خارج می شوند، هنوز مقداری اکسیژن و سوخت مصرف نشده دارند که در قسمت پس سوز، با مشتعل ساختن دوباره گازهای خروجی و افزایش ۴ برابر سوخت معمولی به این مخلوط، به طور قابل توجهی بر نیروی تراست می افزایند. البته استفاده از پس سوز فقط در شرایط اضطراری و شرایط جنگی مجاز است در غیر این صورت مجاز نیست. تنها هواپیمای مسافربری با پس سوز، هواپیمای کنکورد Concorde ساخت مشترک آلمان، انگلیس و فرانسه است که به علت ایجاد آلودگی صوتی زیاد و مصرف سوخت بالا، بازنشست شد.

موتورهای پالس جت یا Pulse Jet



موتورهای پالس جت دارای توربین، کمپرسور، یا شفت نمی باشند و تنها قطعه متحرک البته در نوع دریچه دار، دریچه آن می باشد. در این گونه موتورها، ابتدا توده بزرگی از انفجار در داخل موتور صورت می پذیرد که سبب بسته ماندن دریچه می شود. چون تنها راه فرار هوا از موتور قسمت انتهایی آن می باشد هوا به طرف آنجا هجوم می آورد. در نتیجه ترک هوا، خلا یا حالت مکشی به وجود آمده که باعث باز شدن دریچه و ورود هوای تازه می شود. در این حالت، مقداری هوای محترق شده از خروج بازمانده و صرف تراکم و انفجار گاز تازه وارد می گردد و سیکل به همین ترتیب ادامه پیدا می کند. در نوع بدون دریچه، از یک خم برای ایفای نقش دریچه استفاده می شود که با انفجار گازها و بدلیل وجود این خم، کاهش فشار صورت گرفته و مقداری از گازهای خروجی باز می گردند به همین ترتیب سیکل ادامه داده می شود.

موتورهای رم جت یا Ram Jet



موتورهای رم جت، هیچ قطعه‌ی متحرکی ندارند و در نگاه اول، مانند یک لوله توخالی به نظر می‌رسند که بیشتر در سرعت‌های مافوق صوت به کار می‌روند. موتورهای رم جت نیز مانند پالس جت، دارای توربین، کمپرسور یا ... نمی‌باشند استفاده از آنها به عنوان موتور دوم معمول است که بیشتر در موشک‌ها به کار می‌روند. در این گونه موتورها، برای روشن شدن موتور ابتدا باید سرعت هوا به مقدار لازم برسد در صورت رخداد چنین حالتی، موتور جت به طور خودکار خود را روشن می‌کند. در موتور رم جت، هوا با سرعت زیاد وارد موتور شده و به علت سرعت بیش از حد، در قسمت دیفیوژر به خوبی کمپرس و متراکم شده و دما و فشار آن بسیار بالا می‌رود. در این حالت مخلوط هوا و سوخت منفجر گشته و با خروج از موتور، نیروی تراست بسیار زیادی را آزاد می‌کنند. این موتورها قدرت بسیار زیادی را دارا می‌باشند اما برای شروع پرواز و برخاست مناسب نمی‌باشند.

موتورهای اسکرم جت یا Scram Jet:



نام این موتورها از دو واژه Super Sonic و Combustion گرفته شده که به معنای انفجار در سرعت مافوق صوت است. این گونه موتورها در سرعت‌های هایپرسونیک Hyper Sonic به کار می‌روند و طرز کار آنها بسیار مشابه موتورهای رم جت با تغییراتی می‌باشد. این نکته قابل توجه است که مشتعل ساختن مولکول‌های هوا در حالی که هوا با سرعت بالای ۴ ماخ وارد موتور می‌گردد، مانند روشن کردن کبریت در گردباد تورنادو است! و از همین جا می‌توان درک کرد که چه

تکنولوژی عظیمی در این لوله توخالی به کار گماشته شده است. شایان ذکر است که اولین هواپیمای دارای موتور سکرم جت، هواپیمای X-43 است که سرعت آن بالای ۷ ماخ می باشد.

منابع:

"Flight Operations Briefing Notes - Supplementary Techniques : Handling Airbus.Engine Malfunctions"

Jet Propulsion for Aerospace Applications Second Edition 1964

Nicholas Cumpsty (2003). *Jet Propulsion* (2nd ed.)

سایت های:

<http://rasekhoon.net/article/show/132955>

<http://irartesh.ir/Forum/Post/496>

<http://ansarisina.blogfa.com/post/17>

<https://fa.wikipedia.org/wiki>

<https://www.google.com/url>