اصول تکنولوژی طراحی موتورهای توربین گاز هوائی

ترجمه و تالیف
سید محمد واعظی

www.ketab.ir

سرشناسه	: واعظی، محمد، ۱۳۴۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: اصول تکنولوژی طراحی موتورهای توربین گاز هوایی/ترجمه و تالیف محمد واعظی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	: ۴۲۸ ص.:مصور ، جدول ، نمودار.
شابک	: ۶۲۵۰۰ ریال: 978-964-8703-68-9
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: واژه نامه .
یادداشت	: کتابنامه .
موضوع	: توربینهای گازی هواگرد
موضوع	: توربین‌های گازی
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
رده بندی کنگره	: ۷۰۹/۵TL /ت۷۸و۲ ۱۳۸۸
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۳۴۳۵۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۰۴۶۳

نام کتاب: **اصول تکنولوژی طراحی موتورهای توربین گاز هوایی**

ترجمه و تالیف: سید محمد واعظی، محقق و مدیر مرکز تحقیقات موتور

ناشر : انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

طراحی جلد: سید مجتبی واعظی

نوبت چاپ : اول

تاریخ چاپ :بهمن ۱۳۸۸

تیراژ : ۱۰۰۰ جلد

قیمت : **۶۲۵۰ تومان**

کد کتاب : ۲۵۴

شابک : ۹-۶۸-۸۷۰۳-۹۶۴-۹۷۸ ISBN: 978- 964-8703-68-9

لیتوگرافی: پایان

چاپ : چاپ و نشر شریف

صحافی : گرنامی خلیلی

تلفن مرکز پخش : ۸۸۷۷۲۲۷۷(۰۲۱)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

www.ketab.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱۷

فصل اول- مفاهیم کلی در طراحی قطعات و مجموعه‌ها ۲۷

۱- قطعات ریختگری ۲۸

۱-۱- مفاهیم کلی ۲۸

۱-۲- افزایش استحکام دیواره‌های جدار نازک بکمک تقویتی ۳۱

۱-۳- تفکیک سطوح ماشینکاری ۳۳

۱-۴- انجام آزمایش هیدروپنوماتیک حفره‌ها ۳۴

۲- قطعات ماشینکاری ۳۶

۲-۱- مفاهیم کلی ۳۶

۲-۲- طراحی سطوح مابین قطعات ۳۸

۲-۳- ساده‌سازی شکل قطعات ۴۱

۲-۴- ارتباط شکل قطعه با روش ماشینکاری آن ۴۳

۳- ساخت قطعات به روش جوشکاری یا لحیم‌کاری ۴۹

۳-۱- مفاهیم کلی ۴۹

۳-۲- منطقه جوش و لحیم ۵۲

۴- قطعات و مجموعه‌های ساخته شده از ورق ۵۶

۴-۱- مفاهیم کلی ۵۶

۴-۲- تامین استحکام سازه‌های جدارنازک ۵۸

۵- انتخاب روشهای صحیح در مونتاژ قطعات و مجموعه‌ها ۶۲

۵-۱- مونتاژ قطعات در موقعیت مشخص ۶۲

۵-۲- آسان سازی مونتاژ و دمونتاژ مجموعه‌ها ۶۴

۵-۳- کاربرد جبران کننده‌ها ۷۰

۵-۴- مخروطهای ورودی ۷۱

۵-۵- روشهای سازه‌ای ویژه برای تامین امکان مونتاژ ۷۲

۵-۶- ساده سازی فرآیند بالانس روتورها ۷۵

www.ketab.ir

۵-۷- تعبیه محل استقرار بیرون‌کش‌ها ۷۸

فصل دوم- روشهای هم‌مرکز کردن قطعات ۷۹
۱- هم‌مرکزی با سطوح استوانه‌ای ۸۰
۱-۱- هم‌مرکزی روی قطر داخلی در استقرار ثابت ۸۴
۱-۲- هم‌مرکزی روی قطر داخلی در انطباق متغیر ۸۶
۱-۳- هم‌مرکزی روی قطر خارجی ۹۰
۱-۴- هم‌مرکزی همزمان سه قطعه ۹۲
۱-۵- هم‌مرکزی توسط دو سطح استوانه‌ای هم‌محور ۹۵
۲- روش هم‌مرکزی روی سطوح مخروطی ۹۹
۲-۱- هم‌مرکزی روی سطوح مخروطی با انطباق تضمینی فشاری ۹۹
۲-۲- هم‌مرکزی با استفاده از دو سطح مخروطی هم‌محور ۱۰۳
۳- روش هم‌مرکزی با هزارخار ۱۰۷
۳-۱- هم‌مرکزی به کمک قطر خارجی با سه هزارخار مستطیلی ۱۰۷
۳-۲- هم‌مرکزی با هزارخارهای قوس‌پیچ ۱۰۸
۳-۳- هم‌مرکزی با هزارخارهای قوس‌پیچ با استقرار متغیر ۱۰۸
۴- هم‌مرکزی روی سطوح شعاعی و پینهای شعاعی ۱۱۰
۴-۱- هم‌مرکزی روی سطوح شعاعی ۱۱۰
۴-۲- هم‌مرکزی توسط پینهای شعاعی ۱۱۲
۵- هم‌مرکزی با پیچهای جذب و پینهای تثبیت کننده ۱۱۷
۵-۱- هم‌مرکزی با پیچهای جذب ۱۱۷
۵-۲- هم‌مرکزی با پینهای تثبیت کننده ۱۱۷
۶- ترکیب روشهای هم‌مرکزی ۱۱۹
۶-۱- هم‌مرکزی روی لبه استوانه‌ای و تکمیل هم‌مرکزی توسط پین یا پیچهای جذب ۱۱۹
۶-۲- هم‌مرکزی توسط سطوح هم‌محور استوانه‌ای و مخروطی ۱۲۰

فصل سوم- روشهای تثبیت قطعات و مجموعه‌ها ۱۲۳
۱- تثبیت محوری توسط حلقه‌های فنری ۱۲۴

www.ketab.ir

۲- تثبیت قطعات در جهت محوری و محیطی توسط پین ۱۳۲
۳- تثبیت محوری توسط پله یا لبه ۱۳۹
۴- تثبیت محوری توسط قفل صفحه‌ای ۱۴۲
۵- تثبیت محوری و محیطی توسط قفلهای مخصوص ۱۴۴
۶- تثبیت محوری و محیطی توسط سمبه‌زنی، قلم‌زنی یا لبه‌زنی ۱۴۷

فصل چهارم- روشهای انتقال گشتاور پیچشی ۱۴۹
۱- انتقال گشتاور پیچشی توسط اتصالات هزارخاری ۱۵۰
۱-۱- انتقال گشتاور پیچشی توسط هزارخار قوس‌پیچ ۱۵۰
۱-۲- انتقال گشتاور پیچشی توسط هزارخار قوس‌پیچ در محورهای زاویه‌دار ۱۵۷
۱-۳- انتقال گشتاور پیچشی توسط هزارخار مستطیلی ۱۶۷
۱-۴- انتقال گشتاور پیچشی توسط هزارخارهای کوچک ۱۶۸
۱-۵- انتقال گشتاور پیچشی توسط هزارخارهای سطح جانبی ۱۶۸
۲- انتقال گشتاور پیچشی از طریق صفحات شعاعی ۱۷۴
۳- انتقال گشتاور پیچشی توسط پیچهای جذب پینها یا بوشها ۱۷۷
۳-۱- انتقال گشتاور پیچشی با پیچهای جذب ۱۷۷
۳-۲- انتقال گشتاور پیچشی از طریق بوشها و پینهای جذب ۱۸۰
۴- انتقال گشتاور پیچشی با استفاده از نیروهای اصطکاکی ۱۸۹
۴-۱- انتقال گشتاور پیچشی از طریق اتصالات فلنجی ۱۸۹
۴-۲- انتقال گشتاور پیچشی با ایجاد انطباق فشاری بین سطوح استوانه‌ای یا مخروطی ۱۹۱
۵- انتقال گشتاور پیچشی بکمک پروفیلهای مختلف ۱۹۳
۵-۱- انتقال گشتاور پیچشی با استفاده از سطوح تخت ۱۹۳
۵-۲- انتقال گشتاور پیچشی توسط پروفیلهای با شکل خاص ۱۹۴
۶- انتقال گشتاور پیچشی توسط خار ۱۹۶
۶-۱- انتقال گشتاور پیچشی توسط خارهای منشوری و چند تکه ۱۹۶
۶-۲- انتقال گشتاور پیچشی توسط ساچمه و پین ۱۹۷

فصل پنجم- تامین نشت‌بندی در اتصالات ۱۹۹

www.ketab.ir

۱- نشت‌بندی اتصالات در قطعات ثابت ۲۰۱
۱-۱- اتصالات فلنجی ۲۰۱
۱-۲- اتصال فلنجی با حلقه‌بست ۲۰۸
۱-۳- نشت‌بندی سطوح پیشانی با واشر ۲۱۱
۱-۴- نشت‌بندی سطوح پیشانی توسط حلقه‌های تیز ۲۱۲
۱-۵- نشت‌بندی سطوح پیشانی با حلقه‌های انعطاف‌پذیر ۲۱۴
۱-۶- نشت‌بندی سطوح استوانه‌ای با حلقه‌های انعطاف‌پذیر ۲۱۹
۲- نشت‌بندی اتصالات در قطعاتی که نسبت به یکدیگر متحرک هستند ۲۲۵
۲-۱- نشت‌بندی روی سطح کروی ۲۲۵
۲-۲- نشت‌بندی روی سطح تماس استوانه و کره ۲۲۸
۲-۳- نشت‌بندی روی سطح تماس مخروط و کره ۲۳۱
۲-۴- نشت‌بندی با سیلفون ۲۳۱
۳- نشت‌بندهای تماسی در قطعات متحرک ۲۳۴
۳-۱- نشت‌بند حلقه‌ای ۲۳۴
۳-۲- نشت‌بند سطح پیشانی ۲۵۰
۳-۳- نشت‌بند منژتی ۲۵۳
۳-۴- نشت‌بند بُرسی ۲۵۷
۴- نشت‌بندهای غیر تماسی در قطعات متحرک ۲۶۱
۴-۱- نشت‌بند فاصله‌ای ۲۶۱
۴-۲- نشت‌بند شانه‌ای ۲۶۲
۴-۳- نشت‌بند مارپیچی ۲۷۱
۴-۴- نشت‌بندی توسط نیروی گریز از مرکز ۲۷۳
۴-۵- نشت‌بند هیدرودینامیک ۲۷۷
۵- نشت‌بندهای ترکیبی ۲۸۱

فصل ششم- اتصالات رزوه‌ای و روشهای تثبیت آنها ۲۸۵
۱- موارد کلی ۲۸۶

www.ketab.ir

۲- افزایش استحکام اتصالات رزوه‌ای ۲۹۲
۲-۱- کاهش نیروهای متغیر در بارگذاریهای تناوبی ۲۹۲
۲-۲- روشهای حذف یا کاهش تنش خمشی ۲۹۴
۲-۳- روشهای حذف یا کاهش تنش پیچشی ۲۹۷
۲-۴- توزیع بارگذاری روی دنده‌های رزوه ۲۹۹
۲-۵- کاربرد کمانک با شعاع مناسب ۳۰۱
۳- تثبیت اتصالات رزوه‌ای ۳۰۳
۳-۱- تثبیت مهره نسبت به پیچ-مهره یا پیچ دوسر رزوه ۳۰۳
۳-۲- تثبیت قطعات نسبت به یکی از قطعات اتصالات ۳۱۸
۳-۳- تثبیت همزمان چند مهره و پیچ ۳۲۵

فصل هفتم- طراحی تکیه‌گاه قطعات و مجموعه‌های چرخان ۳۲۷
۱- مفاهیم کلی ۳۲۸
۲- انواع یاتاقانهای بکار رفته در موتورهای هوائی ۳۳۲
۳- انتخاب یاتاقانها ۳۴۰
۴- سازه تکیه‌گاه یاتاقان غلتشی و نحوه نصب آن ۳۴۲
۴-۱- نصب محور روی دو یاتاقان ساچمه‌ای ۳۴۳
۴-۲- نصب محور روی دو یاتاقان ساچمه‌ای با تثبیت محوری
۴-۳- نصب محور روی یاتاقانهای ساچمه‌ای تکیه‌گاهی-پایه‌ای و یاتاقانهای غلتکی تکیه‌گاهی ۳۴۷
۴-۴- نصب محور روی دو یاتاقان غلتکی ۳۶۳
۴-۵- نصب محور روی دو یاتاقان غلتکی با تثبیت حرکت محوری توسط یاتاقان ساچمه‌ای ۳۶۶

فصل هشتم- روشهای بهینه‌سازی سازه موتور ۳۶۹
۱- افزایش استحکام خستگی ۳۷۰
۱-۱- تغییر مساحت مقطع بحرانی قطعه ۳۷۰
۱-۲- کاهش ضریب تمرکز تنش ۳۷۲
۱-۳- تغییر پارامترهای سیکل بارگذاری و ایجاد تنشهای اولیه ۳۸۴

www.ketab.ir

۱-۴- تبدیل تنشهای اضافی ۳۸۷
۱-۵- کاهش دامنه تنشها در حالت تشدید سازه ۳۸۹
۱-۶- تامین صلبیت لازم ۳۹۴
۱-۷- انتخاب مواد مناسب ۳۹۶
۱-۸- جابجائی مناطق پرتنش ۳۹۹
۱-۹- انتخاب فناوری مناسب ۴۰۲
۲- روشهای کاهش یا حذف تنشهای حرارتی ۴۰۳
۲-۱- کاهش گرادیان دما ۴۰۶
۲-۲- ایجاد تنشهای اولیه پیش‌بار ۴۱۰
۲-۳- تغییر صلبیت اجزاء اتصالات ۴۱۳
۲-۴- تامین انبساط آزاد ۴۱۸
۲-۵- انتخاب مواد با ضرائب انبساط حجمی مختلف ۴۲۵
مراجع ۴۲۷

www.ketab.ir

سخنی با خوانندگان

با توجه به سوابق و تجربیات خود در زمینه طراحی سازه و اجزاء موتورهای توربین گاز هوائی بارها با مشکل کمبود منابع کامل و مفید مواجه بوده‌ام. این مساله از آنجا نشات می‌گرفت که در منابع و کتب موجود که اغلب غربی هستند مطالب عمدتا در سطح دانشگاهی و بصورت کلی عنوان شده و هنگام کاربرد عملی، طراحان را با مشکل مواجه می‌نماید.

از طرف دیگر از آنجائیکه فقدان دروس مربوط به سازه موتورهای هوائی در دانشگاههای کشور باعث شده تا نیروی انسانی لازم در زمینه‌های مورد نظر دفاتر طراحی تربیت نشده و به بسیاری از ظرائف مطرح در زمینه طراحی سازه موتورهای توربین گاز هوائی حتی در سطوح ابتدائی پاسخ مناسب داده نشود، لذا چنانچه امیدوار باشیم این امر در آینده نه چندان دور اتفاق بیفتد، باز هم جای منابع و مآخذی که بطور عمیق و کاربردی به پردازش این موضوعات در طراحی سازه اقدام نموده باشند خالی است.

این موضوع انگیزه بسیار مناسبی بود تا علیرغم مشغله کاری بنده را مجاب کند با تحمل سختیهای این مسیر اقدام به شتاب در گردآوری مطالب و جمعبندی و ارائه آنها در قالب کتاب موجود نمایم. با بررسیهای انجام شده و توجه به این مطلب که کتب و مراجع روسی بدلیل سبک نگرش کامل و پرداختن به جزئی‌ترین مسائل که اکثرا جزو مهمترین مسائل نیز محسوب می‌شوند (و در این مورد همواره نسبت به مراجع مشابه غربی برتریهای فراوانی دارند) سعی در بازگویش تجربیات مولفینی را دارند که طی سالها تدریس در دانشگاه و انستیتوهای هوافضای روسیه و با انجام تستهای فراوان بدان دست یافته‌اند، کتابی با عنوان اصلی «طراحی اجزاء قطعات و مجموعه‌های موتورهای هوائی» نوشته دکتر *یوام نیکیتین* بعنوان دستمایه اصلی این نگارش مورد نظر قرار گرفت. با بررسیهای انجام شده جهت نیل به منظور فوق کتاب مذکور تحت ترجمه قرار گرفت و طی زمانی بیش از چهار سال و اندی این مهم انجام شد. طولانی شدن زمان این امکان را فراهم آورد تا علاوه بر پیرایش کتاب اصلی از منابع و مراجع دیگری جهت تکمیل برخی مطالب بجا مانده استفاده شده و مهمتر آنکه دیدگاههای ناشی از تجربیات بدست آمده طی این مدت به آنها اضافه شود.

گرچه سال چاپ کتاب مزبور به سال ۱۹۶۸ میلادی باز می‌گردد ولی از آنجائیکه طراحی و ساخت اغلب موتورهای نظامی کشور (غربی و شرقی) مربوط به آن زمان و حتی قبل از آن می‌باشد (مثلا موتور J85 که مربوط به هواپیمای F-5 است، یا موتور TF-30 که روی هواپیمای F-14 نصب شده است) و همچنین بدلیل آنکه اصول طراحی سازه موتور در طی سالهای اخیر

www.ketab.ir

بدون تغییر مانده (گواه این مطلب آن است که این کتاب هنوز هم بعنوان یکی از کتابهای درسی در تدریس مبانی طراحی سازه در دپارتمان سازه موتورهای هوائی دانشگاههای روسیه و اوکراین مورد استفاده قرار می‌گیرد) و طراحان همواره سعی می‌کنند تا در طراحی یک موتور جدید حداکثر استفاده را از سازه موتورهای قبلی که طی سالیان متمادی آزمایش و بهینه شده‌اند و اصطلاحا جواب خود را پس داده‌اند، بنمایند، لذا هیچ خللی به موضوع وارد نمی‌گردد. این مطلب به تجربه، بارها و بارها با مقایسه موتورهای جدیدتر بنحو شگفت آوری مورد تائید قرار گرفت.

در تالیف کتاب حاضر سعی شده تا حد امکان توضیحات ارائه شده منطبق بر مثالهای واقعی در مورد موتورهای موجود در صنایع هوائی باشند. گرچه موضوع اصلی این کتاب در مورد موتورهای گاز توربین می‌باشد ولی گاها از برخی دیگر از موتورهای هوائی نظیر پیستونی و سوخت مایع هم مثالهای مناسبی آورده شده است. اینجانب برآنم تا در جهت تکمیل و غنای بیشتر مطالب تا حد امکان از مثالها و موارد مشابه استفاده نموده و مطالب عنوان شده را جهت کاربرد بیشتر آنها در صنعت هوائی کشور تکمیل نمایم.

همچنین با توجه به نتایج دستاوردهای تحقیقاتی سالهای اخیر در زمینه نشت‌بندها، بهینه‌سازیهای استحکامی و غیره سعی شده تا آنجا که ممکن بوده نمونه‌های بهینه و کاربردی انتخاب و جهت غنای مطالب کتاب در آن گنجانده شد.

در پایان با امید به آنکه این کار ناچیز مورد توجه جامعه دانشگاهیان و مهندسین کشور قرار گرفته و گام موثری در جهت شناخت ابعاد دیگری از فرآیندهای موتورهای هوائی در جهت کم‌کردن فاصله علمی و تکنولوژیکی کشور با سایر صاحبان علوم و فنون هوائی در دنیا باشد، از خوانندگان محترم تقاضا دارم اینجانب را از نظرات و انتقادات سازنده خود بی‌بهره نسازند.

سید محمد واعظی

زمستان ۱۳۸۸

www.ketab.ir

مقدمه

تاریخ علوم هوانوردی نشان می‌دهد که توسعه موتورهای توربین گاز بعنوان پیشرانه هواپیماها بحدی سریع بوده است که قبل از سالهای منتهی به ۱۹۵۰ میلادی بسختی می‌توان افراد زیادی را نام برد که در مورد روش رانش هواپیما با استفاده از این وسیله شنیده باشند.

در سال ۱۹۱۳ یک مهندس فرانسوی بنام *رنه لورین*[۱] طرح الگوواری از یک پیشرانه جت مطرح نمود که شباهت زیادی به موتورهای رم جت مدرن امروزی داشت. ولی بدلیل آنکه در آن زمان هنوز مواد مناسب برای تحمل دماهای بالا بحد کافی شناخته نشده بود و از طرف دیگر کاربرد این نوع پیشرانه‌ها در سرعتهای پائین مربوط به هواپیماهای آن دوران از نظر عملکردی کارائی لازم را نداشت، لذا امکان ساخت یا کاربرد آنها را غیر ممکن می‌نمود.

اولین موتورهای توربین گاز هوائی بطور مستقل توسط سه کشور شوروی سابق، انگلستان و آلمان طراحی شد. در سال ۱۹۲۵ نوشتاری از دانشمند روسی دکتر *بوریس استچکین*[۲] در مورد تئوری موتورهای هوا تنفس[۳] منتشر شد. سپس در سال ۱۹۳۰ *فرانک ویتل*[۴] انگلیسی اولین ابداع خود را در مورد کاربرد موتور توربین گاز بعنوان پیشرانه جت عرضه نمود و در سال ۱۹۳۷ اولین تست استاتیک آن را انجام داد. ولی تنها ۱۱ سال بعد بود که او موفق شد اولین پرواز آزمایشی را با این موتور بانجام رساند. در سال ۱۹۳۷ مهندس اوکراینی بنام *آرهیپ لیولکا*[۵] از انستیتوی هوائی خارکوف[۶] ایده موتور توربوفن را ارائه نمود. وی در سال ۱۹۳۹ بعنوان مهندس ارشد موتور توربوجت TR-1 منصوب شد و این مصادف با زمانی بود که *ویتل* موتور NIN-1 را طراحی نمود. پس از مدتی ایالات متحده آمریکا امتیاز ساخت این موتور را از انگلستان خریداری کرده و این آغازی شد برای طراحی و ساخت موتورهای J35 و J47 در آمریکا. موتور *فرانک ویتل* بعدها همواره بعنوان پایه و اساس موتورهای توربین گاز مد نظر قرار گرفت. موتورهائی نظیر

۱-Rene Lorin

۲-Borys Stechkyn

۳-Air-Breathing Engines

۴-Frank Whittle

۵-Arhip Lyulka

۶-Kharkov Aviation Institute (KhAI)

www.ketab.ir

رولز-رویس ولند، *درونت*، *نن* و *دارت*[۱]. از موتورهای *درونت* و *نن* بعنوان موتورهای توربوجت در هواپیماهای نظامی استفاده شد و موتور *دارت* بصورت توربوپراپ روی هواپیمای معروف *ویکرز ویسکونت*[۲] نصب شد. گرچه بعدها موتورهای دیگری با نامهای دو محور، سه محور، کنارگذر، فن داخل کانال، فن بدون کانال و ملخ-فن[۳] در صنعت هوائی توسعه یافتند، ولی پایه تمامی آنها بنحو گریز ناپذیری بر موتور *ویتل* بنا شده است. همین وضعیت برای موتور *لیولکا* هم اتفاق افتاد و هم اکنون بعنوان پایه موتورهای توربوفن میان پرواز و دور پرواز[۴] بکار برده می‌شود.

اما نهایتاً این آلمانیها بودند که توانستند اولین هواپیمای مجهز به موتور توربوجت خود را در آگوست سال ۱۹۴۳ با موفقیت به پرواز درآورند. اسم این جنگنده *Me-262* با موتور *UMO-004* بود که توسط مهندس *فون اُهاین*[۵] طراحی شده بود. وی موفق شده بود در سال ۱۹۳۹ اولین پرواز خود را با پیشرانه توربین گاز انجام دهد. البته در همین سال موتور توربین گاز زمینی با توان 4-MW بعنوان توان محرک ایستگاه مولد برق توسط شرکت سوئیسی نوشاتل[۶] معرفی شد.

موتورهای ساخته شده تا امروز را می‌توان بر اساس مشخصات اصلی آنها به پنج گروه کلی یا اصطلاحا "نسل" تقسیم نمود. در حال حاضر جامعه اروپا و کشور آمریکا تنها کشورهائی هستند که به تکنولوژی ساخت موتورهای نسل پنجم دست یافته و موتورهای *EJ200* و *F119* را در دست بهره‌برداری دارند. البته کشور روسیه نیز با توجه به توانمندیهای بالقوه خود در صدد وارد شدن به این عرصه و تولید این نسل از موتورها می‌باشد.

ظاهر موتورهای جت گرچه تفاوتهای بسیاری با موتورهای پیستونی دارد ولی هر دو از قوانین مشابهی تبعیت می‌کنند. علیرغم آنکه امروزه لفظ پیشرانه جت بصورت مترادف با موتور توربین گاز پیوند یافته است اما انواع دیگری از موتورهای پیشرانه جت وجود دارند که از آن بین می‌توان

۱-Rolls-Royce Welland, Derwent, Nene, Dart

۲-Vickers Viscount

۳-Twin-Spool, Triple Spool, By-Pass, Ducted Fan, Unducted Fan, Propfan

۴-Mean- and Long-Distance

۵-von Ohine

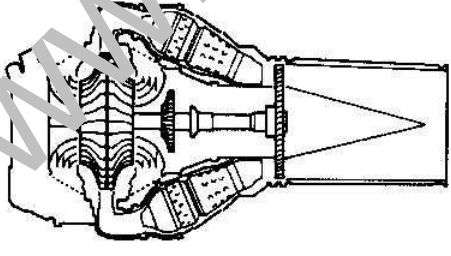
۶-Neuchatel

www.ketab.ir

از موتور رم جت، پالس جت، راکت، توربو-رم جت و توربو-راکت نام برد. در این کتاب هم منظور از پیشرانه جت، موتورهای توربین گاز هستند.

اصول کار موتورهای توربین گاز هوائی همگی بر پایه افزایش اندازه حرکت هوای ورودی به آنها بنا شده است. در حالیکه در دسته‌ای از این موتورها با نام "توربوجت"، افزایش سرعت جریان خروجی نقش قالب را در تغییر اندازه حرکت ایفا می‌کند، در گروه دیگر که به موتورهای "توربوپراپ" مشهورند، مقدار جرم هوایی که توسط موتور جابجا می‌شود عامل اصلی در ایجاد نیروی پیشرانش است. در دسته سوم موتورها که از تلفیق هر دو روش فوق به نسبتهای مختلف استفاده شده، اساس پیدایش موتورهای توربوجت با کنارگذر[۱] یا همان موتورهای "توربوفن" شده است. در شاخه‌ای از موتورهای اخیر که کاربرد نظامی دارند برای رسیدن به سرعت پرواز بالاتر، نسبت کنارگذر که مشخص کننده جرم هوای جابجا شده است در محدوده (۲-۱) در نظر گرفته می‌شود. از این موتورها با نام موتورهای با ضریب کنارگذر پائین[۲] نام برده می‌شود. در شاخه دیگری از موتورهای توربوفن که کاربرد فراوانی در هواپیماهای تجاری و مسافربری دارند و به موتورهای توربوفن با ضریب کنارگذر بالا[۳] موسومند، نسبت هوای کنارگذر به هوای گذرنده از داخل موتور به بیش از (۱۰-۸) بالغ می‌گردد.

برای آشنائی بیشتر در شکلهای زیر انواع مختلف موتورهای توربین گاز هوائی آورده شده‌اند [۱]:



شکل۱- موتور توربوجت یک مرحله‌ای گریز از مرکز با دو ورودی هوا و توربین محوری

۱-By-Pass Turbojet (Turbofan)

۲-Low By-Pass Ratio Turbofan

۳-High By-Pass Turbofan

www.ketab.ir