بنـــام خـــــدا

مـــوتـــورهـــــای جـــــــت

علی حائریان اردکانی
استادیار دانشکـده مهندســـی ـ دانشگاه مشهـــد

مقـــدمـــــه

مقالهٔ زیر ترجمهٔ خلاصه ای از سخنرانی آقای "یوشیماسانیشی" سرپرست قسمت فنی کارخانجام صنایع سنگیـــــن "ایشیکاواجیما ـ هاریما" است که زیر عنوان (ماشینکاری قطعات موتور هواپیما)* در تابستان ۱۳۶۰ در جمع مهندسین صنایع و سایر علاقه مندان ایراد کرده است. در این سخنرانی آقای "نیشی" ضمن شناساندن پیچیدگیهای موتور هواپیما و درجـــــه تخصصی بودن تهیه و ماشین کاری قطعات مختلف آن به مشکلات اساسی در این زمینه اشاره کرده است. لزوم رعایت شدیـــد کیفیت استانداردقطعات و دشواری ماشین کاری مواد متشکله آنها، فرآیندهای مربوطه را بسیار وقت‌گیر، دقیق وپرخرج می‌سازد. تاثیر این سه عامل در ساخت قطعهٔ نهائی و ضرورت حفظ کیفیت آن موجب تخصصی شدن تولید می‌شود به گونه ای که صنایـع دست اندرکار چنین پروژه هایی در تمام دنیا انگشت شمار هستند. درک این واقعیت هشداری به علاقه مندان به خودکفایـــی صنعتی کشور در زمینهٔ تفکیک مسائل فوق العاده تخصصی از مسائل ساده تر است تا در مراحل اولیهٔ فرصت اندک و امکانـــات مالی و فنی خود را صرف کارهایی که آنها را از انجام پروژه های بنیادین باز می‌دارد نکنند.

بررسی تاریخ علم و صنعت، و مطالعهٔ وضعیت کنونی مملکت از نظر امکانات صنعتی و نیروهای موجود، و توجه بـــه صدمهٔ عظیمی که نظام غارتگر دست نشاندهٔ امپریالیسم به روند تولید صنعتی و کشاورزی کشور ما وارد آورده است ما را برآن می‌دارد تاعقب ماندگیهای خودرا نه با سیاستهای غیر منسجم و فعالیتهای پراکنده که خود موجب آشفتگی کارها می‌گردد، بلکه بایک برنامه ریزی منظم و دقیق و استفادهٔ هماهنگ از کلیهٔ نیروهای موجود، که چندان هم که نیستند، جبران کنیم. مسلما"، اشتیاق و هیجان فوق العاده زیاد جوانان از سلطه رسته، به قطع یا کاهش وابستگی از خارج، موجب رواج عمل زدگی نسنجیده. از بیشتر نیروهای موثر و علاقه مند می‌شود که در صورت مهار نشدن و جهت نیافتن خود موجب هرج و مرج و پس رفت، و در نهایت سرخوردگی آنهامی‌گردد. در این میان رسانه های گروهی و مجلات علمی باید رسالت خود را در روشنگری جوانـــان مشتاق و هدایت آنان در جهت صحیح به درستی تشخیص داده و در این راه بکوشند.

مـــوتـــورهـــای جـــــت

اخیرا" پیشرفتهای چشمگیری در تکامل هواپیمـــا صورت گرفته است. هواپیماهای مافوق صوت، هواپیماهـــای غول پیکر، انواع هلیکوپتر و هواپیمای که قادر بـــه پرواز و فرود درفضای کم عرض هستند کاربرد عملی یافته‌اند. قسمت عمدهٔ این پیشرفت هامدیون تکامل کارکرد موتورهای جفت است.

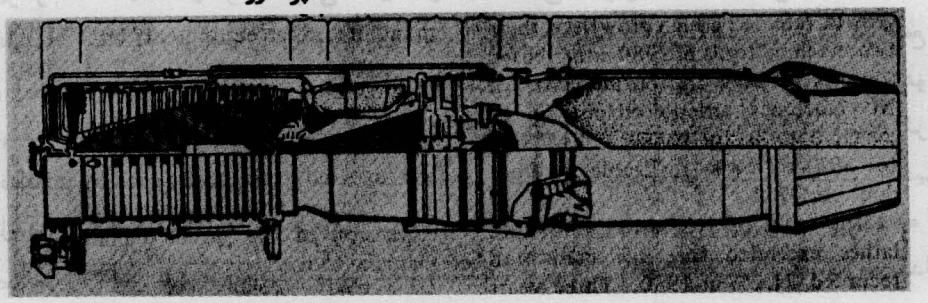
قطعات اصلی موتور جت شامل کمپرسور، محفظـهٔ احتراق و توربین است (شکل ۱). هواز انتهای سمت چپ موتور وارد شده و پس از فشرده شدن توسط کمپرسور وارد محفظهٔ احتراق می‌شود، و در آنجا مقادیر قابل توجهـــی

---

* "Machining of Aircraft Engine Parts."

گازهای داغ ومتراکم تولید می‌شود . این گازها از شیپورهٔ توربین گذشته وآن را می‌چرخانند . این قضیه در اصل مانند توربین آبی‌است . چرخش توربین به وسیلهٔ یک محورمخروطی شکل موجی چرخانیدن کمپرسور می‌شود . در ضمن گازهای متراکم و داغ مجددا "محترق"می‌شوند تا مقدار زیادتری از گازهای‌متراکم تر و داغ تر ایجاد کنند . این گازها از شیپورهٔ تنگی‌خارج شده و در اثر عکس‌العمل خود ، هواپیما را به جلو می‌رانند .

انواع موتورها زیاد است . در موتور شکل ۱توربین از سه قسمت درست شده است . این‌سه قسمت کمپرسور را می‌چرخانند . در موتورهای دیگر یک توربین آزاد در سمت راست توربین اصلی وجود دارد . از چرخش توربین آزاد می‌توان برای چرخانیدن یک پروانه ویا ملخ هلیکوپتر استفاده نمود .چنانچه توربین آزاد پروانه را بچرخاند این موتور ، توربین ملخی نام دارد .



شکل ۱

قطعات و مواد اصلی

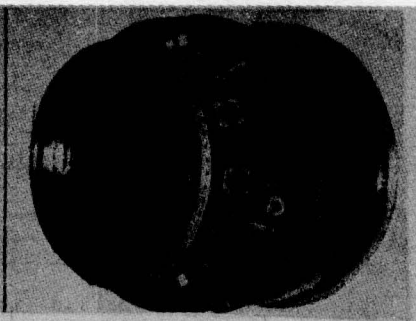
درتصویرشکل‌شمارهٔ۱ قاب جلوی موتور مشاهده می‌گردد . این جلویی ترین قسمت موتور است . جنس‌آن از آلیاژ آلومینیوم و یا آلیاژ منیزیوم است . چون این قسمت موتور گرم نمی‌شود می‌توان آن را ازمادهٔ سبک وزن تهیه نمود .عموما " ازآلیاژهای ریختنی منیزیومی استفاده‌می‌شود .

تصویر شمارهٔ ۲ قاب کمپرسور را نشان می‌دهد که ازآلیاژ تیتانیوم یا آهن ساخته می‌شود . تصویر شمارهٔ ۳ نمایشگر قاب محفظهٔ احتراق است . جنس‌آن از آلیار آهن یا نیکل است .درتصویر شمارهٔ ۴ آستر احتراق‌که ازآلیاژ کبالت ساخته می‌شود مشاهده می‌گردد . ماشین کاری این قطعه بسیار دشوار است .تصویر شماره ۵ قسمت ثابت شیپوره توربین را نشان می‌دهد . این قطعه موجب تغییر جهت گازهای خروجی می‌شود و جنس آن‌از آلیاژ کبالت ، نیکل و یا آلیاژهای دیگر است . در تصویر شمارهٔ ۶ پوشش قسمت بیرونی توربین دیده می‌شود .چون پوشش توربین به شدت گرم می‌شود این قطعه را باید از آلیاژ نیکل‌تهیه کرد .عقبی ترین قسمت موتورمخروط خروجی (تصویر شمارهٔ ۷) است‌که از آلیاژ مقاوم در مقابل حرارت که مادهٔ اصلی آن نیکل است ساخته می‌شود .

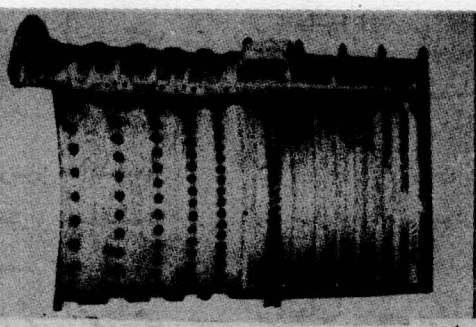
قطعات مربوط به قسمت پس سوز (تصویر شمارهٔ۸) که درآن گازهای خارج شده از توربین مجددا " محترق می‌گردند از آلیاژ نیکل ساخته می‌شوند .این قطعهٔ پیچیده ای است و تهیهٔ آن مستلزم جوشکاری و تراشکاری نقاط مختلف ورقه فلزی است .پوسته خارجی و آستر داخلی پس سوز (عکس شمارهٔ ۹) از آلیاژ نیکل ساخته می‌شود .

روترکمپرسور (تصویر شمارهٔ ۱۰) شامل ۸ قطعه از جنس تیتانیوم است که به روش‌جوشکاری با ستون الکترونی به صورت یک قطعهٔ چرخنده درآمده است . مثلا " درعکس شمارهٔ ۱۱قطعه ای که پره های توربین موتورهای‌هواپیماهای گشتی ضد زیردریائی و هلیکوپتر روی آن نصب می‌شوند مشاهده می‌گردد . این قطعه به صورت یکپارچه و باروش فرجینگ* تهیه می‌شود . برای کاهش وزن تا اندازهٔ ممکن ،

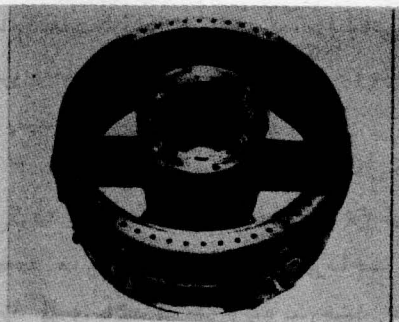
* فرجینگ فرایندی است که در آن فلز را گرم کرده و با چکش کاری به آن شکل می‌دهند ، مانند فرجینگ ابزار و اجزاء ماشین (از کتاب AUDELS: NEW MECHNICAL DICTIONARY)



تصویر شماره۳ ـ قاب محفظه احتراق

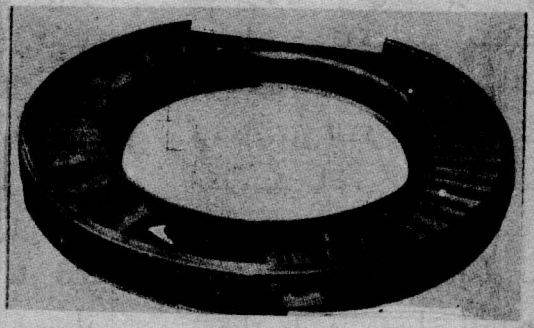


تصویر شماره ۲ ـ قاب کمپرسور

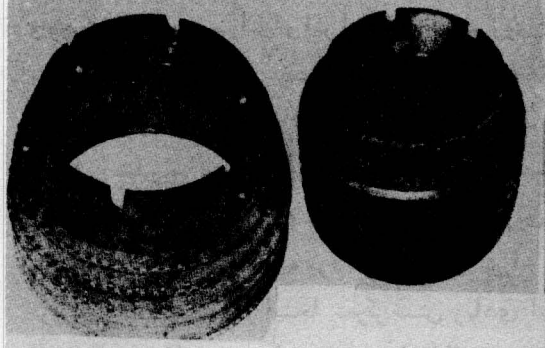


تصویر شماره ۱ ـ قاب جلوئی

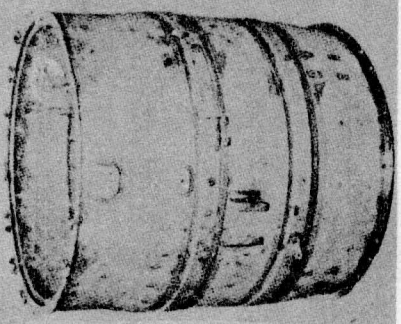
تصویر شماره ۶
قاب قسمت بیرونی توربین



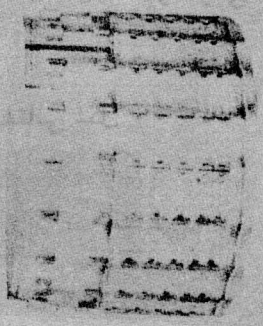
تصویر شماره ۵
شیپور توربین (قسمت ثابت)

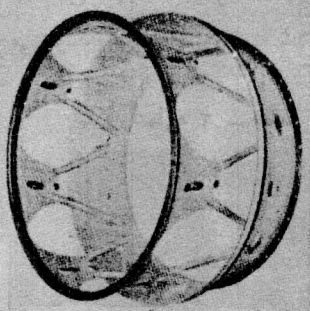


آستر محفظه سوخت

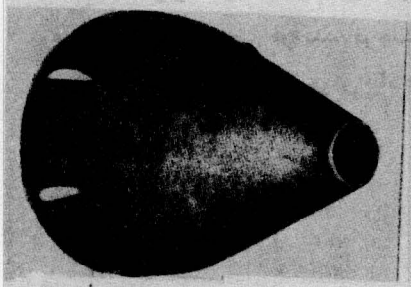


تصویر شماره۹
قاب خارجی و آستر داخلی پس‌سوز

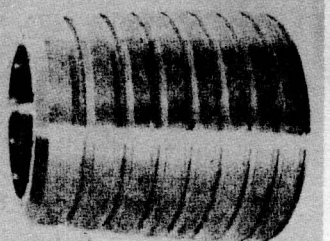




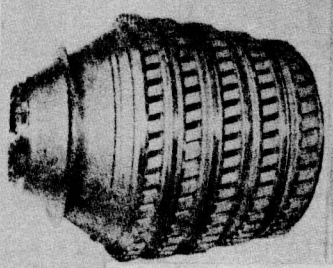
تصویرشماره۸
قطعات پس سوز



تصویر شماره ۷
مخروبط اگزوز



تصویر شماره۱۱
قطعه‌ای‌که‌پره‌های
کمپرسوردر آن
وصل می‌شوند



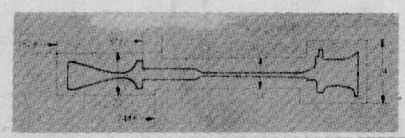
تصویر شماره ۱۰
روتورکمپرسور

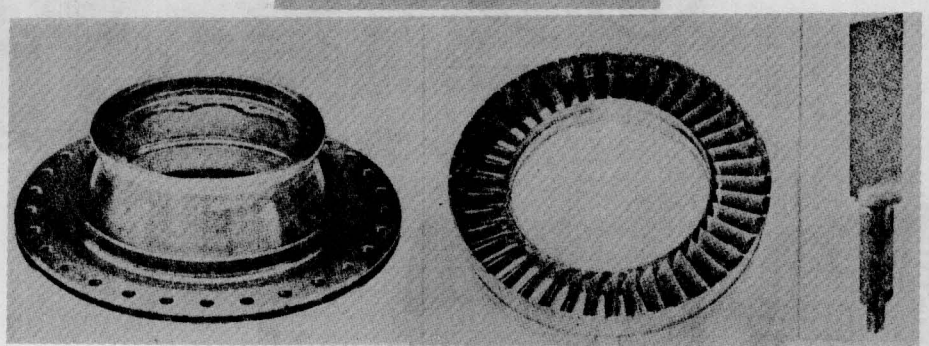
تمام‌قطعات تراشکاری می‌شوند . درقطعاتی که در حال‌چرخش نیروی خارجی برآنها وارد می‌شود ، وجودهیچ گونه خراش و یا پلیسه بر روی سطح مجاز نیست .

در شکل ۴ قطعهٔ بشقابی شکل کمپرسور مشاهده می‌گردد . قطر خارجی آن حدود ۴۸۰ میلیمتر و ضخامت صفحه حدود ۲ میلیمتر است . پرداخت قسمت ۲ میلیمتری باید طوری باشد که مثل آینه بدرخشد و هیچ گونه اعوجاجی نداشته باشد . جنس این قطعه ازتیتانیوم است . قطعه ای که پره های توربین بر روی آن سوارمی‌شوند بروچ کاری* می‌شود و وجود هیچ گونه خراش و اثر ابزار تراش بر روی آن مجاز نیست . دلیل این شرط سفت و سخت وجود تنش های نزدیک به حد مجازدر این قطعه است عکس شمارهٔ ۱۲صفحهٔ سوراخ داری رانشان می‌دهدکه با پرچ به قسمت دیگر متصل‌می‌شود . برخلاف‌قطعهٔ‌شیارداری که پره های توربین بر روی آن نصب می‌شوند در این قطعه پایه پره ها را داخل سوراخ های قطعه فرو می‌کنند . چون در اینجا تمرکز تنش زیادی ایجاد می‌شود سطح راکورد بسیار مهم و حیاتی است .

تصویر شمارهٔ ۱۳پره های کمپرسور را نشان‌می‌دهد . پره های روبه جلو طی فرآیند فرجینگ دقیق تهیه شده و یکی‌یکی باستون الکترونی جوش داده می‌شوند . دستهٔ‌دیگر پره ها دارای محورهای‌استوانه ای بوده و گام هایشان متغیر است (تصویرشماره ۱۴) . دستهٔ دیگر پره ها یعنی پره های ثابت،یکی یکی درحلقهٔ‌نازکی نصب شده اند (تصویرشمارهٔ ۱۵) . سوراخ کردن حلقهٔ نازک به روشهای معمولی سمبهٔ ماتریس انجام می‌شود ،سپس پره هایکی یکی بالحیم (جوش) طلا یا نقره در جای خود نصب می‌شوند . لبه های جلویی پره ها با دقت پرداخت شده اند . عمل پرداخت به روش الکترولیز صورت می‌گیرد ، زیرا ساییدن مکانیکی موجب کنده و پلیسه شدن لبهٔ پره ها می‌شود . سابق بر این پره های متحرک کمپرسور (عکس شمارهٔ ۱۶) را با فرزکاری وپرداخت لبه تولید می‌نموده اند ولی در حال حاضر پره های فوق الذکر رابه روش فرجینگ‌دقیق و سپس‌پرداخت الکترونیکی یانوعی نوردکاری مخصوص تهیه می‌کنند .مادهٔ مصرفی ممکن است‌آلومینیوم ،تیتانیوم ، فولاد زنگ نزن و غیره باشد .اخیرا" از آلیاژهای نیکل نیز استفاده می‌شود . تنشهای وارده بر سوراخهای اتصالی این قطعه بسیار زیاد است و مسائل‌گوناگونی درتنظیم شرایط تولید بروزمی‌کنند . قسمت متصل شونده پره ها بروچ می‌شوند . ماشینکاری آنها همیشه ایجاد دردسر می‌کنند .

شکل شماره ۲ ــ قطعه بشقابی شکل





تصویر شماره ۱۲ ــ صفحه

تصویرشماره ۴ تصویر شماره ۱۳
پره‌باگام متغیرپره‌های‌کمپرسور

* بروچ (Broach) نوعی ابزار برنده است که دندانه های تیز با ابعاد بسیار دقیق دارد . از این ابزار برای سوراخکاری دقیق‌استفاده می‌شود .

شیپورهٔ توربین (تصویر شمارهٔ ۵) در معرض گازهای داغ است و از آلیاژ کوبالت یا نیکل ساخته می‌شود. پره‌های شیپوره از ورقهٔ فلزی تهیه می‌شوند. علاوه بر این شیپوره های ریختنی یکپارچه (تصویرهای شمارهٔ ۱۷ و ۱۸) نیز درموتورها بکار می‌روند. دراین مورد نیز می‌توان قطعات را با ریخته گری دقیق ساخت و پس از جوشکاری به بدنه، یکی یکی پرداخت نمود. تیغه ها بسیار نازک هستند وضخامت آنها فقط ۲ میلیمتر است. بعلاوه، چون دمای گاز خروجی بسیار زیاد است، سوراخهایی با هوا در تیغه تعبیه شده‌اند (تصویر های شمارهٔ ۱۹ و ۲۰). این قطعات به روش ریخته گری دقیق تهیه شده و سپس پرداخت الکترولیتی می‌شوند. قطر این سوراخ ها فوق العاده کم و فقط ۰/۱۵ میلیمتراست. جنس قطعات از آلیاژ نیکل است. شکل تیغهٔ شیپورهٔ توربین در موتور جت بوئینگ ۷۴۷ ظاهرا" ساده است ولی ازداخل به دوقسمت تقسیم شده وعلاوه براین به منظور کنترل جریان هوای سرد کننده، قطعهٔ خاص دیگری نیز در داخل آن تعبیه شده است تاهوای خارج شده از شیپوره به دور قسمت خارجی آن بچرخد نتیجتاً این پرده هوا به دور شیپوره موجب افزایش عمر آن می‌گردد. قطر سوراخها برحسب موقعیتشان تغییر می‌کند که این امر دقت فوق العادهٔ طراحی را می‌رساند.

از لحاظ شکل و طرح، پره‌های توربین متنوع هستند (تصویر شمارهٔ ۲۱)، ولی جنس همهٔ آنها از آلیاژ نیکل است. سابقا" این قطعات را به روش فرجینگ تهیه می‌نموده‌اند، ولی با افزایش درصد کوبالت، نیکل، کرم و غیره به منظور بالا بردن مقاومت قطعه در مقابل گرما، این روش دیگر مناسب نبوده و اخیرا" روش ریخته گری دقیق به کار گرفته می‌شود.

پره های توربین موتورجامبوجت از بیرون کاملا" ساده به نظر می‌رسد ولی در درون سوراخهای هوابرای سرد کردن تعبیه شده اند. این قطعه به طور یکجا و کامل ریخته می‌شود. در ریخته گری این قطعه ازیک لولهٔ کوارتز استفاده می‌شود و به هیچ عنوان شبیه ریخته گری معمولی نیست. این روش، ریخته گری با انجماد یکطرفه نام دارد.

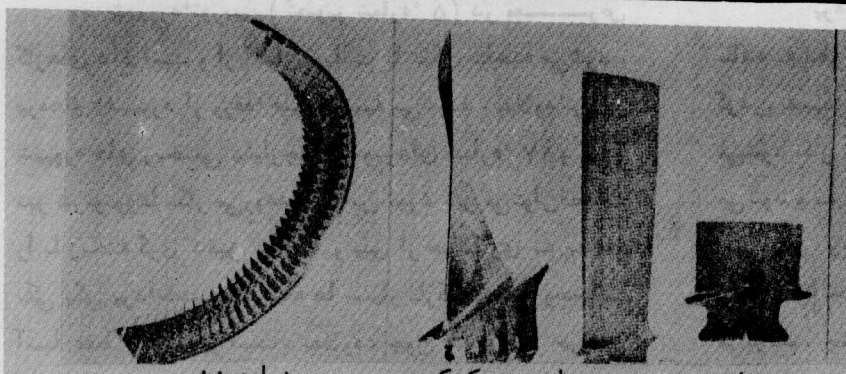
انجماد یکطرفه موجب ایجاد ساختمان رشته ای می‌گردد. چنین فرآورده ای مقاومت خوبی در مقابل خوردگی و حرارت دارد. موادتک بلوره نیز در این زمینه به کار گرفته می‌شوند.

از قطعات عمدهٔ دیگر، صفحهٔ توربین (تصویر شمارهٔ ۲۲) و محور گردانندهٔ کمپرسور (تصویر شمارهٔ ۲۳) است.

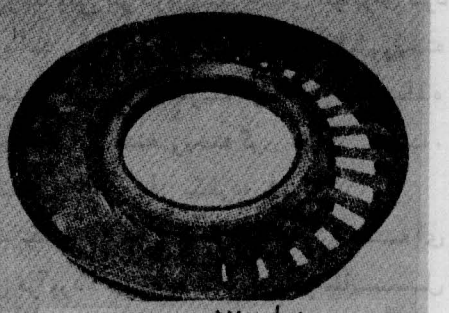
محورهای گرداننده کمپرسورانواع گوناگونی دارند. درمیان این انواع محورهایی هستند که طول آنها درحدود ۱۸۰۰ میلیمتر، قطر خارجی آنها در حدود ۱۵۰ میلیمتر و ضخامت جدارهٔ آنها ۳ میلیمتر می‌باشند. ماشینکاری قطر داخلی محور، که متغیر است، با بورینگ (Boring) و سنگ زدن صورت می‌گیرد. در این مورد نیز نباید آثار خراشیدگی و ابزار تراش بر روی کار باقی بماند.

قطعهٔ دیگری به نام قطعهٔ دندانه دار گریس وجود دارد که تولرانس آن تقریبا" ۱۵ میکرون است. این قطعه را می‌توان به روش بروچ کاری یا سنگ زدن تهیه نمود ولی در هر صورت نباید آثار ابزار تراش بر روی قطعه بماند.

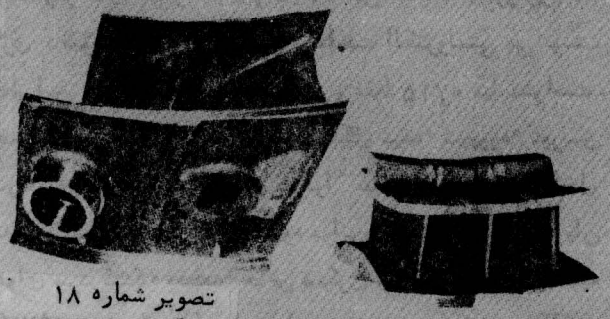
قسمتی ازاین قطعه درشکل ۳ دیده می‌شود. تهیهٔ این قسمت برای ما بسیار مشکل است. قطر قطعه در حدود ۵۰۰ میلیمتر، ضخامت جداره درقسمت لبه ۰/۰۵ ± ۱/۴۵ میلیمتر است و جنس مورد مصرف IN100 و درجهٔ



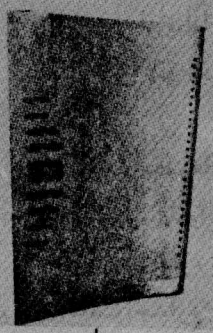
تصویر شماره ۱۶ ــ پرده‌های متحرک کمپر سورتصویر شماره ۱۵



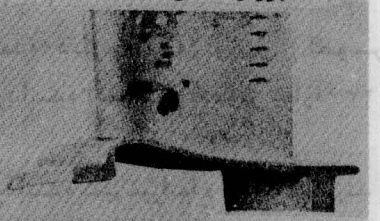
تصویر شماره ۱۷
شیپور ریختنی یک پارچه



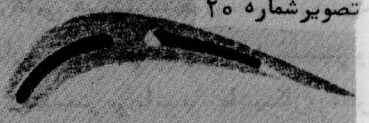
تصویر شماره ۱۸

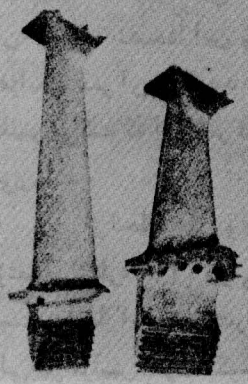


تصویر شماره ۱۹
سوراخهای هوا

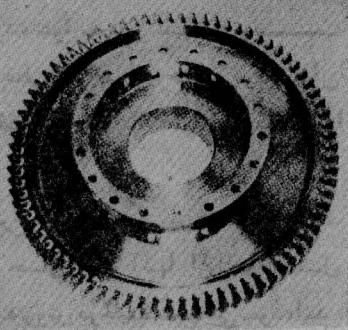


تصویرشماره ۲۰



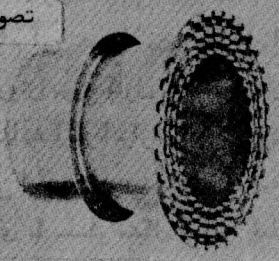


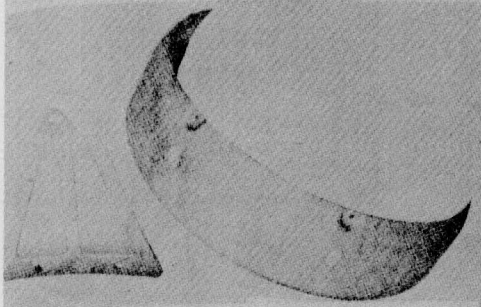
تصویر شماره ۲۱
پرده‌های توربین



تصویر شماره ۲۲
صفحه توربین

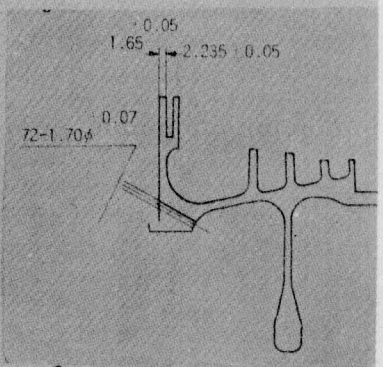
تصویرشماره ۲۳ ــ محور





تصویر شماره ۲۴
قطعات ماشین کاری شده
به‌ع‌روش‌فرزکاری شیمیائی

تصویرشماره ۲۵



شکل ۳ ــ قطعه دندانه‌دار گریس

خوش تراشی آن ۷ است .

به گونه ای که مشاهده می‌گردد دقت ابعاد مورد نیاز،در مقایسه با قطعات موتور اتومبیل و ماشین های افزار چندان محدود کننده نیست ، ولی استفاده از موادی که به دشواری تراشیده می‌شوند و محدودیت عدم قبول آثار ابزار تراش کار را بسیار دشوار می‌سازد .

علاوه براینها باید در این قطعه تعداد ۷۲ سوراخ به قطر ۰/۰۷ ± ۱/۷ میلیمتر ایجاد نمود . چون ایجاد این سوراخها با دستگاههای تخلیهٔ الکتریکی مجاز نیست ، این مرحله از دشوارترین مراحل ماشینکاری است . دشواری این کار به حدی است که با وجود اینکه از مته های کربورتنگستن استفاده می‌کنیم ، از یک‌مته فقط برای ایجاد دو سوراخ استفاده می‌شود . در مورد موتور هواپیماهای نظامی که در آنها عملکرد دقیق قطعه بسیار مهم است . تهیهٔ این‌قطعه به علت شکل پیچیده‌اش بسیار دشوارتر است و باید از تمام امکانات و روشهای مناسب استفاده نمود .

بعضی ورقه های آلومینیومی را با فرزکاری شیمیائی نازک می‌کنیم . (تصویر شمارهٔ ۲۴) . در این عمل قسمتی از قطعه را که قرار است نیرو تحمل کند دست نخورده گذاشته و بقیهٔ‌قسمتهارا تا حدممکن به روشهای شیمیایی نازک‌می‌کنیم . در این مرحله کاهش وزن قطعه حتی به اندازهٔ یک گرم می‌تواند ارزشمند باشد . در عکس شمارهٔ ۲۵ قطعه ای که قسمتهای اضافی اش به روشهای شیمیایی برداشته شده است مشاهده می‌گردد .

چرخ دنده ها و قطعات مربوطه

ابتدا جعبهٔ چرخ دنده را در نظر بگیرید (تصویر شمارهٔ ۲۶) .این قطعهٔ ریختنی از آلیاژ آلومینیوم ساخته شده است . ضخامت دیوار آن ۶ میلیمتر است . در مورد جعبه دنده‌ای که ۵۰۰۰ اسب بخار قدرت را منتقل می‌کند ضخامت جداره آلومینیومی فقط ۵ میلیمتر است .

جعبه دندهٔ هواپیماهای جنگی شامل دنده های مخروطی مارپیچ از آلیاژ منیزیوم ریخته می‌شود و ضخامت دیوارهٔ آن فقط ۶ میلیمتر است (عکس شمارهٔ ۲۷) . این جعبه دنده ۳۰۰ اسب بخار توان را منتقل می‌کند .

انواع چرخ دنده ها زیاد است :ساده، مخروطی ، مارپیچ ، مارپیچ داخلی و غیره (تصویر شمارهٔ ۲۸) . برای کاهش وزن تا حداکثر مقدار ممکن چرخ دنده هایی را که بار زیادی تحمل نمی‌کنند ،با تراشکاری سبک می‌کنند . موسسهٔ استانداردصنعتی ژاپن برای این قطعات مادهٔ پوستهٔ‌سخت شده طبقهٔ ۰ را توصیه می‌کند (تصویر شمارهٔ ۲۹) .

چرخ دنده های مخروطی‌مارپیچ توسط کارخانهٔ ما و کارخانه صنایع سنگین میتسوبیشی تهیه می‌گردند . حتی اگر چرخ دنده و پینیون جداگانه ساخته شوند بعدا" به راحتی باهم جفت می‌شوند .

اخیرا" چرخ دنده های مارپیچی را برای شرکت رولزرویس تهیه کرده ایم که‌برای تصحیح پروفیل دندانه آنها مجبور شده ایم قسمتهای سرو ته دندانه را به ترتیب در حدود ۷۰ و ۵۰ میکرون تراش دهیم تا تولرانس آن نسبت به میانکار را به ۱/۲۵ میکرون برسد .

از چرخ دنده های داخلی می‌توان چرخ دنده ای را مثال‌زد که قطر آن حدود ۴۵۰ میلیمتر ، ضخامت دیواره درحدود ۲۵میلیمتر و فاصله بین ته دندهٔ محور هزارخاری که دراین‌چرخدنده جامی‌رود تاته دندانه داخلی‌چرخدنده در حدود ۱۱/۷ میلیمتر است . بعلاوه در هنگام انجام عملیات حرارتی ، تغییر شکل بیش از ۰/۱ میلیمتر در هیچ جهت مجاز نیست . دندانه های داخلی و خارجی‌سنگ‌زده می‌شوند .

بهبودی عملکرد موتور

زمینه های بهبودی عملکرد موتور مربوط به سه موضوع زیر است :

۱ــ طراحی ۲ــ مواد ۳ــ تکنولوژی ماشین کاری مثلا" پره های توربین ، بسیارنازک طراحی می‌شوند . پیشرفت درساختن محفظهٔ احتراق ، موجب کاهش طول آن شده و ضمن پیشرفت فن سردکردن با هوا باعث افزایش طول عمر پره ها علیرغم بالاتر بودن دمای گازهای خروجی گردیده است .

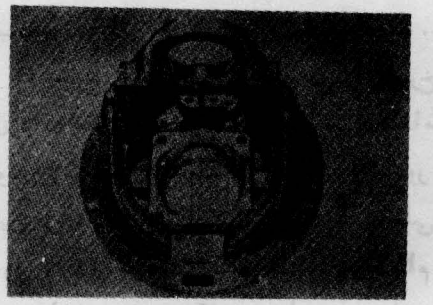
در زمینهٔ‌مواد نیز ،مرغوبیت آلیاژهای تیتانیوم ، نیکل‌وغیره تاحدزیادی افزایش یافته است .مثلا" آلیاژهای تیتانیوم تابش‌کششی بالا و آلیاژهای نیکل مقاوم در مقابل حرارت ساخته شده اند . با به کار بردن روش انجماد یک طرفه ، فرآورده های ریخته گری دقیق و روش خاص گرد فلزکاری موسوم به HIP محصولاتی بسیار محکم و خوشتراش تهیه شده است .

آلومینیزه کردن نام روشی است که طی آن‌یونهای

آلومینیم را بر روی پره های توربین و لبه‌های شیپوره ها نفوذ داده ومقاومت آنها را در مقابل خوردگی و اسید بالا می‌برند . این امر موجب بالا بردن عمر قطعه در مجاورت گازهای خروجی داغتر می‌گردد.

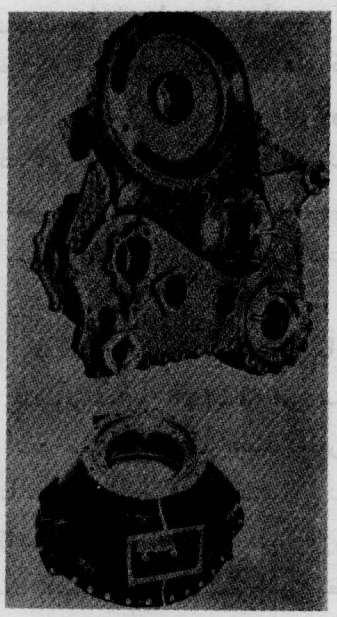
قابلیت اعتماد

یکی ازمسائل مهم قطعات هواپیماقابل اعتماد بودن آنهاست . یکی از معیارهای قابلیت اعتماد امکان بیشتر بودن تعدادساعاتی است که موتور بتواند از پایان یک تعمیر تا آغاز تعمیر دیگر پرواز کند(فاصله زمان بین دو تعمیر) .

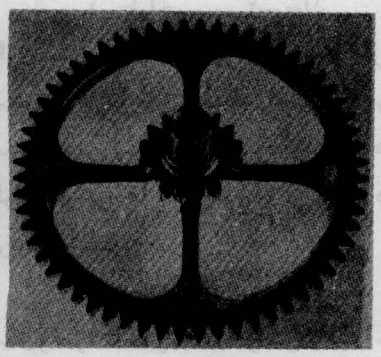


تصویر شماره ۲۷
جعبه دنده برای دنده‌های
مارپیچی مخروطی

در هواپیماهای نظامی این کمیت عموما " بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ ساعت است ولی ممکن است به اندازه۹۰۰ تا ۱۲۰۰ ساعت نیز برسد . در مقایسه مقدار این کمیت در هواپیماهای مسافری در حدود ۸۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ ساعت است . برخلاف هواپیماهای نظامی ، هواپیماهای مسافر بری دفعتا " صعود نکرده و یا بطور قائم بالا نمی‌روند این هواپیماها به نرمی اوج گرفته و تدریجا " بر زمین می‌نشینند ، بنابراین نیروی وارد بر موتور این هواپیماها خیلی کمتر از نیروی وارد بر موتور هواپیماهای جنگی است .



تصویر شماره ۲۶ــ قاب جعبه دنده



تصویر شماره ۲۹
چرخ دنده‌که مقدار زیادی
ازآن تراشیده شده است

تصویر شماره ۲۸ ــ انواع مختلف چرخ دنده

زمان بین دو تعمیر برای توربین های گزاری مولد نیرو بین ۳۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ ساعت است ، زیرا این موتور بافشار هوای ثابت ۱ آتمسفر کارمی‌کند . یکسال معادل ۸۷۶۰ ساعت است . وسایل خانگی مانند ماشین لباسشوئی یاجاروی برقی را چقدر مورد استفاده قرار می‌دهیم ؟ اگر این وسایل روزی یک ساعت به کار گرفته شوند در عرض بیست سال فقط ۷۳۰۰ ساعت کار کرده اند ، و چنانچه هرروز ۳۰ دقیقه به کار روند درعرض ۵۰سال ۹۰۰۰ ساعت کارکرده اند . مطمئنا " هیچ ماشین لباسشوئی یا جاروی برقی ۵۰ سال عمر نمی‌کند .

البته الزاما " هرچه عمر ماشین بیشتر باشد بهتر نیست . مثلا "اگر موشکی باید پس از ۴ دقیقه از موتوراولیه‌اش جدا شودکافیست موتوراولیه بتواند ۵ دقیقه کار کند وایجاد عمربیش از ۵ دقیقه اتلاف امکانات است . به طور کلی نباید هیچ گونه اسرافی صورت گیرد و باید از عمر عملکرد مورد انتظار استفاده کامل شود و سازندهٔ کالا باید این عوامل را از نقطهٔ نظر مصرف کننده در نظر بگیرد .

روشهای تولید و کنترل کیفیت

ترتیب اجرای عملیات تولید از این قرار است :

ابتدا از تهیهٔ شمش های مواد خام شروع می‌کنیم . صنعتگران متخصص و ورزیده ازاین شمش ها قطعات ریختنی ، فرجینگ ، ورق ، میله ، لوله و غیره می‌سازند .

این قطعات وارد کارخانه شده و پس از بازبینی ماشین کاری می‌شوند . قطعات ماشین شده مجددا " بازبینی و سپس مونتاژ می‌شوند . بعد از مونتاژ ، موتور را به مدت ۱۵۰ ساعت روشن نگاه می‌داریم ، بعد از این مدت موتور را باز و مجددا " همه قطعات را بازبینی می‌کنیم .

هنگام تهیهٔ مواد خام ، مشخصاتی برای هرمرحلهٔ تهیه ، شامل نقطهٔ ذوب ، فشار هوا ، ترکیب و غیره وجود دارند .

آزمایشهایی‌که برای سنجش عیبهای سطحی‌وداخلی قطعات تهیه شده از بیرون انجام می‌دهیم به گونه ای هستند که آسیبی به قطعه وارد نمی‌کنند . ابعاد قطعات به دقت کنترل شده و ترکیب شیمیائی ، ساختمان قطعه ،خواص مکانیکی و غیره مورد بازبینی قرار می‌گیرند . حتی یک پیچ و مهره را بدون بازبینی و تاٴیید قسمت کنترل کیفیت بکار نمی‌بریم .

قبل از انجام فرآیندهای ماشینکاری ، قسمت تکنولوژی تولید ،دستورالعمل های سازنده اصلی در زمینهٔ ترتیب عملیات‌تولید ،شرایط ماشینکاری ،جوشکاری ،عملیات حرارتی ، عملیات تغییر خواص سطحی و غیره را بررسی می‌نماید . پس از این بررسی شرایط لازم را با امکانات خود تطبیق می‌دهیم . در مورد قطعات تولیدی‌ابتداشرایط تولید را بر روی یک نمونه بررسی می‌کنیم تا ببینیم آیااین قطعه شرایط مناسب درفرآورده نهایی‌راخواهد داشت یانه . نتیجهٔ این بررسی دستورالعمل کنترل تولید را معلوم می‌کند . بررسی فوق الذکر شامل بازبینی قطعه در حین تولید بازبینی قطعهٔ تولیدی درهرسری ، تعیین شرایط مناسب برای‌جوشکاری ، عملیات حرارتی ، عملیات تغییر خواص سطحی و غیره نیز می‌شود .

علاوه براین ، در ضمن تولید ،آزمایشهای کنترل فرآیند تولید نیز صورت می‌گیرد . مثلا " فرآیند جوش نقطه ای که طبیعتا " با عملیات حرارتی و عملیات تغییر خواص سطحی همراه است بسیار مهم و بحرانی است ، زیرا عمل جوش دادن فقط یکبارصورت‌می‌گیردو چنانچه طی‌این عمل قطعه عیب پیدا کند قابل اصلاح نیست و باید دور انداخته شود . در این مورد از نمونه ای به ضخامت قطعهٔ مورد ساخت از همان جنس برای تنظیم ماشین در مدت تولید آن قطعه استفاده می‌کنند . پس از جوش دادن‌قطعه ، آن را از محل جوشکاری شکسته و شکل جوش و نیروی قابل تحمل قطعهٔ جوش داده شده را بررسی می‌کنند . چنانچه نتیجه آزمایش مورد قبول واقع شود فرایند تولید شروع می‌شود . پس‌از آن در فاصلهٔ زمانهای مشخص آزمایش را تکرار می‌کنند . مثلا " چنانچه نتیجهٔ آزمایش ساعت ۹مورد قبول باشد کلیهٔ‌قطعاتی که پیش ازساعت ۹ تولیدشده اند مورد قبول هستند و عمل تولیدادامه می‌یابد . در صورتی که نتیجه آزمایش ساعت ۱۰ مورد قبول نباشد کلیه قطعات جوشکاری شده بین ساعت ۹ تا ۱۰ غیر قابل قبول بوده و اسقاط می‌شوند .

پس از مونتاژ موتور ، آن را به مدت ۱۵۰ ساعت برای آزمایش روشن‌می‌کنند . ۱۵۰ ساعت آزمایش یک قاعده کلی است . ولی ممکن است مدت آزمایش کمتر نیز باشد . مثلا " یک موتور هواپیمای جنگنده یک بشکهٔ ۱۸۰ لیتری سوخت را بدون به کار انداختن پس سوز در دو دقیقه مصرف می‌کند . در صورت استفاده از پس سوز همین مقدار سوخت دریک دقیقه مصرف می‌شود . چون در مراحل‌مختلف

موتور را مورد آزمایش قرار می‌دهیم مخارج آن بسیار زیاد خواهد بود. حتی مخارج سوخت به تنهایی یک رقم نجومی است.

پس از انجام این آزمایشها موتور را از هم جدا و دوباره بازبینی می‌کنیم. تنها در صورتی که این آزمایش مورد قبول واقع شود ورشهای کنترل تولید مواد اولیه، روشهای تهیه قطعات ریختنی، فرجینگ، ورق، لوله‌و میله، روشهای ماشین کاری، شرایط ماشین کاری و غیره مورد تایید قرار می‌گیرند.

از این پس برای حفظ قابلیت اعتماد، لازم است مطلقا "تغییری در شرایط تولید داده نشود. ما پیشرفته‌ترین محصولات را می‌سازیم ولی در همین حال گاهی اوقات لازم است محافظه کار باشیم. البته به طور دائم درصدد ایجاد تغییرات مفید هستیم.

مشخصه های قطعات موتور

مشخصه های قطعات مصرفی در ساخت موتور را می‌توان به شکل زیر خلاصه نمود:

۱ــ تهیه شده از فلز نازک ۲ــ دارای اشکال پیچیده ۳ــ بدتراشی بیشتر مواد مصرفی

مواد مصرفی بدتراش آلیاژهای نیکل و تیتانیوم هستند. بیشتر مواد از جمله آلیاژهای فولاد در خلاء ذوب می‌شوند. در مواد مصرفی در موتور اتومبیل برای ایجاد کیفیت خوش تراشی قدری فسفر گوگرد و یا سرب به آلیاژ اضافه می‌کنند. این عمل در موتورهای جت مجاز نیست، زیرا افزایش این ناخالصی ها موجب کاهش استحکام کششی ماده و همچنین پیوستگی براده می‌شود.

مشخصه های عملیات ماشین کاری از این قرار است:

۱ــ تمرکز تنش باید به حد صفر برسد.

۲ــ باید حداکثر پرهیز از تغییر شکل سطح فلزهنگام ماشین کاری به عمل آید.

در مورد مشخصهٔ (۱) برای پرداخت سطح قطعات استانده ای وضع شده است. طبق این استانده نباید مطلقا" اثر خراشیدگی ابزار ماشین کاری بر روی سطح باقی بماند و لبه هاباید به شکل منحنی باشند. مشخصهٔ (۲) نکتهٔ اصلی این بحث است.

تمام کوشش لازم جهت پرهیز از ایجاد تنشهای جامانده و تغییر شکل قطعه هنگام انجام عملیات ماشینکاری صورت می‌گیرد. چون تنش جامانده‌ٔ کششی در نهایت به شکست قطعه می‌انجامد، لازم‌است این تنش ها به تنش‌های فشاری تبدیل شوند. باوجود این، چون اکثر تنش های جامانده از نوع کششی هستند، مسئلهٔ اصلی، کاهش‌اندازه آنها است.

پایانکاری بادست، مهارت فراوانی لازم دارد. تنظیم ماشین برای فرآیند خاصی را می‌توان به وسیلهٔ مقیاسهای مدرج ماشین با دقت کافی صورت داد، ولی تمیز کاری اطراف سوراخها را باید با دست انجام داد. همیشه این خطر وجود داردکه اگرسعی در بالا بردن‌سرعت کار بشود، جرقه های تولید شده خسارات جبران ناپذیری بر کیفیت قطعه وارد کنند.

استفاده از فلز تیتانیوم در موتورهای جت ازدههٔ ۱۹۵۰ آغازشده است. با مشاهدهٔ انواع شکستگی های پیش بینش نشده، فعالیت پژوهشی بر روی این فلز افزایش‌داده شده است. متاءسفانه هیچ‌گونه تحقیقی در این زمینه دراین کشور (ژاپن) صورت نگرفته است. حتی هنوز امکانات آزمایش‌موتورهای جت در یک تونل باد مناسب فراهم نیست. در صورتی که این امر از واجبات‌چنین آزمایش‌هایی است. این واقعیت در آینده‌مساءلهٔ مهمی ایجاد خواهد کرد.