

گزارش کار آموزی

تقدیر و تشکر

بدینوسیله مراتب قدردانی و امتنان خود را خدمت، جناب آقای مهندس معتمدی مدیریت مجموعه آزمایشگاه های کالیبراسیون شرکت هواپیما سازی ایران (هسا) را بابت کمکهای بی دریغشان، جناب آقای دکتر صراف، استاد کارآموزی بابت راهنمایی هایشان و سرپرست کارآموزی، جناب دکتر بیرانوند را بابت هماهنگی این دوره کارآموزی و راهنماییهای همیشگی شان، تمامی مهندسين و کارکنان واحدهای مختلف معاونت استاندارد سازی و توسعه کیفیت شرکت هواپیما سازی ایران (هسا) ابراز و از تمامی زحمات آنان تشکر می نمایم.

چکیده

ساخت و تولید قطعات مختلف و حتی خود دستگاه های اندازه گیری به شکل کاملاً ایده آل و بدون هیچ گونه خطایی امکان پذیر نیست و خطا جز لاینفک مراحل تولید است. اما مساله اصلی در کنترل خطا ها و هزینه های تولید به مانند دو کفه ترازو است. از یک طرف باید خطاها را کنترل کرد و از طرف دیگر باید هزینه های تولید را کنترل کرد. مساله دیگر تشخیص به موقع خطاها و رفع آنهاست. اگر خطاها به موقع تشخیص داده نشوند و مراحل تولید را طی کنند هزینه های تولید بسیار بالا خواهد رفت.

اهمیت دقت و کاهش خطا در صنایعی مانند صنایع هواپیما سازی با توجه به ارزش مادی بسیار بالای قطعات و قیمت تمام شده تولیدات و از آن مهم تر سر و کار داشتن با جان انسان ها و حتی امنیت عمومی کشور نسبت به صنایع دیگر بسیار بیشتر است.

در این گزارش به با توجه به محدودیت های موجود در زمینه نشر اطلاعات این شرکت وجود دارد عموماً به معرفی دستگاه های اندازه گیری و کالیبراسیون و آزمایشات انجام شده در آزمایشگاه های کنترل کیفیت و استاندارد سازی شرکت هواپیما سازی ایران (هسا) پرداخته شده است.

واژگان کلیدی

هواپیما، کالیبراسیون، دقت، خطا، استاندارد، معیار، مقیاس

فصل اول مقدمه

(معرفی شرکت هواپیما سازی ایران (هسا))

شرکت هواپیما سازی ایران (هسا) یکی از شرکت های تابعه وزارت دفاع و پشتیبانی نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران است. این شرکت در سال ۱۳۵۷ تاسیس شده است و در حال حاضر بزرگترین شرکت هواپیما سازی در خاورمیانه است. این شرکت در زمینه طراحی و ساخت هواپیماهای نظامی و مسافربری، با سرنشین و بدون سرنشین فعالیت می کند. کارخانه این شرکت در شاهین شهر اصفهان واقع شده است و مساحت آن بیش از 25 هکتار است. از توانمندی های این شرکت می توان به خط تولید هواپیمای بدون سرنشین، هواپیمای مسافربری، بالگرد، تعمیر و نگهداری هواناو (هاورکرافت)، بزرگ ترین مرکز اویونیک خاورمیانه، دارای آزمایشگاه و مرکز پژوهشی، دارای مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات و امکانات تست و دارا بودن تعمیرگاه مجهز برای هر محصول، جایگاه تست برای موتور هایی همچون توربوپراپ و توربوجت اشاره کرد. همپنین این شرکت مجهز به یک نیروگاه گازی 87/6 مگاواتی است.

فصل دوم

متروولوژی

متروولوژی علم اندازه گیری ابعاد و انتقال اندازه ها به معنای واقعی کلمه است. این علم به بررسی اندازه ها و اندازه گیری ها و انتقال اندازه ها از یک مکان به مکان دیگر می پردازد. هر آنچه که با اندازه گیری و انتقال اندازه ها سر و کار دارد در حوزه متروولوژی قرار می گیرد، از جمله طراحی و ساخت دستگاه های اندازه گیری، طراحی آزمایش ها و انجام آنها و ثبت و گزارش آنها.

شرایط محیطی متروولوژی

اتاق اندازه گیری متروولوژی باید دارای شرایط محیطی خاصی باشد تا دقیق ترین اندازه گیری ها صورت گیرند. با توجه به تابعیت اندازه مواد به دمای آنها، یکی از پارامتر های بسیار مهم ثابت نگه داشتن دمای اتاق اندازه گیری در شرایط استاندارد 25 درجه سانتی گراد با تلورانس نیم درجه سانتی گراد است. همچنین رطوبت نسبی هوا در اتاق اندازه گیری باید کمتر از 50 درصد باشد. این شرایط محیطی برای اندازه گیری های دقیق بسیار مهم است.

مورد دیگر به دور نگه داشتن ابزارآلات اندازه گیری و نمونه فعال آنها از هر گونه تماس خارجی همچون تکان و ضربه است و به این جهت ابزار آلات اندازه گیری در بتن سفت شده، نمونه ها با ابزار مخصوص بر روی صفحه مربوط به هر ابزار (که خود سطح نیز از گرانیب بسیار صاف و محکم تشکیل شده) محکم می شوند و اوپراتور دستگاه نیز در هنگام اندازه گیری ها از هر گونه تماس با ابزار آلات اندازه گیری تا حد امکان خودداری می کند.

دستگاه های اندازه گیری را میتوان به دو دسته تقسیم کرد: 1- دستگاه های اندازه گیری مستقیم 2- دستگاه های اندازه گیری موقعیت

با توجه به تنوع بسیار زیاد دستگاه های اندازه گیری مستقیم (همچون میکرومتر، ران تستر، ارتفاع سنج، و غیره) و همچنین کاربرد بسیار بالاتر ابزار های اندازه گیری موقعیت نسبت به ابزار های اندازه گیری مستقیم، در این گزارش به معرفی دستگاه های اندازه گیری موقعیت می پردازیم.

(CMM) دستگاه های اندازه گیری موقعیت

یکی از دستگاه های اندازه گیری موقعیت Coordinate Measuring Machine یا (CMM) دستگاه های اندازه گیری موقعیت است که در آن ابعاد و موقعیت قطعات با استفاده از یک سیستم مختصات محوری مشخص می شود. این دستگاه ها از برای تعیین موقعیت قطعات استفاده می کنند X,Y,Z یک سیستم مختصات محوری مبتنی بر محورهای

چنین دستگاهی از یک میز دقیق به همراه سه خطکش دیجیتالی که بر روی هر یک، یک بازوی متحرک تعبیه شده و در نقطه قرار دارد تشکیل شده است. این سنجنده می تواند به صورت لمسی یا غیر لمسی (probe) برخورد این سه محور یک سنجنده باشد. در این دستگاه ها از یک کامپیوتر برای کنترل و نمایش اطلاعات استفاده می شود. این دستگاه ها می توانند ابعاد و موقعیت قطعات را با دقت بسیار بالا تا چندین میکرومتر اندازه گیری کنند.

انواع دستگاه های اندازه گیری موقعیت

دستگاه های اندازه گیری موقعیت را میتوان از جهات مختلف تقسیم بندی کرد. یکی از این طبقه بندی ها بر اساس قابلیت تقسیم می شوند. دستگاه های stationary و portable حمل و نقل آنهاست. که از این جهت دستگاه ها به دو دسته دستگاه هایی هستند که برای اندازه گیری قطعات کوچک تر که به دقت بالاتری نیازی دارند و امکان انتقال آنها به stationary نزدیکی دستگاه اندازه گیری وجود دارد، به کار میروند. از سوی دیگر برای اندازه گیری قطعات بزرگ یا سنگین وزن که امکان به نزدیکی قطعه منتقل میشوند و در محل محکم شده و CMM portable انتقال به درون آزمایشگاه را ندارند، دستگاه های عمل اندازه گیری را انجام می دهند.

یکی دیگر از تقسیم بندی ها، تقسیم بنده بر اساس نوع سنجنده است. سنجنده ها می توانند به صورت لمسی یا غیر لمسی باشند. سنجنده های لمسی می توانند به صورت مستقیم ابعاد و موقعیت قطعه را اندازه گیری کنند و سنجنده های غیر لمسی از امواج الکترومغناطیسی یا لیزی برای اندازه گیری استفاده می کنند.

دسته بندی دیگر تقسیم بر اساس تعداد محور های قابل مانور است. که از این جهت معمولا به سه دسته دو محوره، سه محوره و چند محوره تقسیم بندی صورت میگیرد. دستگاه های دو محوره معمولا به صورت سایه نگار یا تصویر نگار بوده، به این معنی که خود قطعه مورد آزمایش قرار نمیگیرد بلکه سایه یا تصویر آن بر روی پرده ظاهر شده و ابعاد و موقعیت آن از طریق اندازه گیری ابعاد و موقعیت سایه یا تصویر آن بر روی پرده تعیین می شود. دستگاه های سه محوره و چند محوره اما به صورت مستقیم ابعاد و موقعیت قطعه را اندازه گیری می کنند. همچنین لازم به ذکر است که عموما دستگاه های چند هستند portable محوره.

air ها معمولا در دو دسته CMM شیوه تقسیم بندی دیگر دسته بندی بر اساس سیستم حرکتی است کهاز این جهت از گذراندن هوای پر فشار در داخل سطحی air bearing تقسیم بندی می شوند. در دستگاه های roller bearing و bearing متخلخل برای ایجاد بالشتک های هوا و تعلیق بازو ها استفاده می شود. با حذف فشار هوا اصطکاک بین بازو ها و سطح میز از نصب roller bearing بسیار افزایش یافته و حرکت در آن محور نزدیک به غیر ممکن میشود. از سوی دیگر در دستگاه های ها CMM بلبرینگ روی بدنه دستگاه و حرکت دادن آنها توسط دنده شانه ای یا موتور الکتریکی استفاده میشود؛ این دسته از هستند air bearing های CMM کارگاهی مشهور بوده دارای دقت کمتری نسبت به CMM به

خط کش دیجیتالی

هر یک از خط کش های هر محور از یک بیس شیشه ای که نوار هایی موازی فلزی بر روی آن قرار گرفته اند و یک ترکیب از LED و دیود فوتوترانزیستوری تشکیل شده است. این ترکیب به صورت یک سنسور عمل می کند که با گذراندن نور LED طریق نوار های فلزی و تابیدن آن بر روی دیود فوتوترانزیستوری، میزان نور بازتاب شده را اندازه گیری می کند. این سنسور ها به صورت موازی در طول نوار های فلزی قرار گرفته اند و اندازه گیری ها به صورت همزمان انجام می شود. این سنسور ها به یک کنترلر متصل هستند که اطلاعات دریافتی را به کامپیوتر ارسال می کند. دقت هر دستگاه از عرض و فاصله بین این نوار ها نتیجه گرفته میشود. این دستگاه ها معمولا دارای دقت بسیار بالایی هستند و دقت آنها به میکرومتر می رسد.

سنجند (probe)

ها میباشد که با لمس کردن قطعه، میتواند برخورد و جهت آنرا (برای جبران CMM پراب، سنجنده یا کاوشگر، بخش حساس سازی اندازه نوک خود پراب) متوجه شود و دیتای لازم بدین منظور را به رایانه منتقل کند. این پراب ها میتوانند به صورت لمسی یا غیر لمسی باشند. پراب های لمسی معمولا از جنس کرید تنگستن ساخته شده اند و از طریق یک سیم به کنترلر متصل هستند. این پراب ها معمولا به صورت یک مکعب کوچک شکل دارند و در انتهای آنها نوکی که به قطعه لمس میکند قرار دارد. این نوک ها معمولا به صورت کروی، مخروطی یا مستطیل شکل هستند. این پراب ها می توانند به صورت مستقیم ابعاد و موقعیت قطعه را اندازه گیری کنند و سنجنده های غیر لمسی از امواج الکترومغناطیسی یا لیزی برای اندازه گیری استفاده می کنند.

هیچگاه به فکر ساخت همزمان دستگاه و CMM حساسیت بالای پراب ها و دقت بالای آنها باعث شده که شرکت های سازنده پراب به طور همزمان نباشند و پراب ها معمولا توسط شرکت های ثالث تامین میشوند. همچنین لازم به ذکر است که پراب ها با توجه به اینکه باید به صورت مستقیم با قطعه در تماس باشند، بیشتر در معرض خطر آسیب دیدن قرار دارند پس به طور قابل تعویض طراحی میشوند.

پراب های لمسی

این پراب ها با لمس کردن سطوح (و کمی فشرده شدن) که باعث خارج شدن اندک نوک پراب میشود که آنها به تغییرات جزیی در مقاومت الکتریکی پراب منتهی میشود، میتوانند ابعاد و موقعیت قطعه را اندازه گیری کنند.

پراب لیزی

برخی از پراب ها میتوانند بدون برخورد پراب با جسم و صرفا با نزدیک کردن پراب به جسم انرا جاروب کرده و با مش بندی سطح نقشه نسبتا کاملی را از جسم مورد آزمایش به دست آورند. از این سیستم معمولا برای قطعات اسفنجی یا سطوح تامین شده توسط تیم CAT file نازک پلاستیکی یا مهندسی معکوس قطعات یا مقایسه مستقیم سطوح پیچیده با طراحی (که در ادامه بیشتر به آن پرداخته میشود) استفاده میشود.

کره مبنی

به کار میروند CMM کره مبنی وسیله ای است که برای کالیبره و معرفی کردن پراب ها (قطر و موقعیت آنها) به دستگاه

با هر بار خاموش و روشن شدن یا انجام اندازه گیری جدید لازم است که پراب ها با استفاده از این کره کالیبر شوند

علاوه بر کالیبر کردن پراب ها، این کره میتواند برای معرفی موقعیت دستگاه نسبت به مبدا و محورهای مختصاتی استفاده شود، که البته متعاقبا میتوان این مبدا را به مبدا دلخواه تغییر داد

سنگ گرانیتی

سنگ گرانیتی که در این دستگاه ها به عنوان سطح مرجع استفاده می شود، از جنس گرانیت سیاه است که دارای سطحی بسیار صاف و محکم است. این سنگ ها معمولا به صورت یک مکعب بزرگ شکل دارند و در زیر دستگاه قرار می گیرند. این این (parallelism) سنگ ها توسط ابزار های دقیق سنگ شاپر و سمباده و نیروی انسانی با دقت بالا ساخته میشوند. توازی تراش شود (به این معنی که در هر متر از زمین اختلاف حداکثر ارتفاع سنگ از زمین با mm/m سنگ ها با زمین باید در حد 0.02 حداقل مقدار آن کمتر از 0.02 میلی متر است) ، که این مهم توسط دستگاه های بسیار دقیق تر صورت میگیرد و صحت آن به طور دوره ای مورد بررسی قرار میگیرد

CMM نرم افزار های مربوط به

بعد از ثبت کرد موقعیت و جهت برخورد توسط پراب، دیتای این نقطه و نقاط دیگر باید توسط نرم افزار مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد تا ابعاد مورد نظر و حتی موقعیت قطعه مشخص شود. برخی از کمیت های مورد اندازه گیری توسط این نرم افزار ها عبارتند از:

1. ابعاد و زوایای خام
2. هم مرکزی و هم محوری : میزان فاصله مراکز دو یا چند دایره
3. توازی و تعامد
4. میزان گردی
5. میزان صافی سطح یا خط : حداکثر فاصله نقاط سطح یا خط از سطح یا خط فرضی برازش شده بر آن

علاوه بر اینها این نرم افزار ها معمولا قابلیت هایی همچون تولید نقشه های مربوط به قطعه، تولید گزارش های مربوط به اندازه گیری ها و ذخیره سازی اطلاعات را نیز دارا می باشند

CAT file اندازه گیری به روش

در ابتدا لازم به ذکر است که با توجه به تنوع بسیار زیاد قطعات به کار رفته در محصولات هوایی و حتی تنوع بالای محصولات شرکت و همچنین افراد و بخش های دخیل در امر تولید هر قطعه، نیاز به سیستم متمرکز برای طراحی و تولید قطعات وجود دارد. این امر به وسیله ایجاد یک سیستم متمرکز برای طراحی و تولید قطعات و همچنین ایجاد یک پایگاه داده مرکزی از قطعات و اطلاعات مربوط به آنها امکان پذیر شده است، پس هر قطعه موجود در این صنعت به همراه دو حکم کار (شناسنامه) که هر قطعه را به هم به طور یکتا و هم به طور مشترک با قطعات کپی خودش، هم به طور کاغذی و هم به صورت سیستمی قابل شناسایی میکند

مربوط به نرم افزار کتیا) هر قطعه برای اوپراتور مربوطه قابل دسترسی باشد، CAT این سیستم باعث شده که نقشه و فایل و این امر باعث شده که اوپراتور بتواند قسمت های پیچیده قطعه، که به شکل هیچ یک از اشکال هندسی شناخته شده نیستند، را با فایل طراحی مقایسه کند و از صحت ابعاد و شکل آنها اطمینان حاصل کند

روش این نوع اندازه گیری بدین صورت است که ابتدا یک شکل ساده (همانند یک سطح) در جسم مورد آزمایش توسط بر روی جسم مورد آزمایش به CAT اسکن میشود و از آن سطح به عنوان مرجع برای برازش جسم موجود در فایل CMM مقایسه میشوند و میزان و نوع CAT روش کمترین مربعات خطا به کار میرود و سپس سطوح پیچیده با فایل برازش شده

خطا در آنها مشخص میشود. (قرمز به معنی برش کمتر از مقدار مورد نیاز، آبی به معنی برش بیش از حد و سبز به معنی (برش در حدود تolerانس معرفی شده است)

فصل سوم

متالوگرافی

متالوگرافی شاخه ای از علم متالورژی است که به بررسی ساختار داخلی فلزات و آلیاژهای آنها در مقیاس های مختلف از جمله مقیاس میکروسکوپی و مقیاس ماکروسکوپی می پردازد.

مطالعه ماکروسکوپی

در این نوع مطالعه ساختار فلز زیر میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار می گیرد. در این نوع مطالعه از آنجا که اندازه گیری ها به صورت مستقیم انجام می شود، دقت بسیار پایین تری نسبت به مطالعه میکروسکوپی دارد. این نوع مطالعه برای بررسی ساختار فلزات در مقیاس های کوچک تر از ۱۰۰ میکرومتر به کار می رود. در این آزمایش طیف وسیعی از نمونه مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات اولیه اجمالی درباره قطعه و کیفیت آن، یعنی یکپارچگی نمونه و ساختار آن، انجماد و کیفیت عملیات نهایی (ریخته گری، جوش کاری و غیره) را در اختیار ما میگذارد. این تست به دلیل هزینه کمتر مالی و زمانی در ابتدای فرایند تست های متالوگرافیک قرار میگیرد و در صورت پاس شدن این تست به بررسی های دقیق تر، مطالعه میکروسکوپی انجام می شود.

مطالعه میکروسکوپی

مطالعه ساختار درونی مواد در زیر میکروسکوپ و تحت بزرگنمایی بالا میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی انجام می شود. در این نوع مطالعه از آنجا که اندازه گیری ها به صورت غیر مستقیم انجام می شود، دقت بسیار بالاتری نسبت به مطالعه ماکروسکوپی دارد.

لازم به ذکر است که نمونه ها در این روش باید پس از طی کردن عملیات سطحی، مورد مطالعه قرار بگیرند.

این روش معمولاً برای استخراج اطلاعات درباره تعیین و تشخیص فاز های تعادلی و غیر تعادلی و همچنین تعیین و کیفیت سنجی روش تولید و عملیات انجام شده بر روی قطعه به کار می رود.

همانطور که پیشتر هم ذکر شد مشاهده ساختار میکروسکوپی با استفاده از میکروسکوپ های نوری و الکترونی انجام میپذیرد و این انتهاب بر اساس حوضه بزرگ نمایی مورد نیاز صورت میپذیرد؛ میکروسکوپ های نوری معمولاً بزرگنمایی در حدود 10 تا 10000 برابری دارند و برای مطالعه مواردی همچون دانه های تشکیل دهنده جسم به کار میروند، این در حالی است که میکروسکوپ های الکترونی امکان بزرگنمایی در حدود 300000 برابری را فراهم میکنند.

عملیات آماده سازی و تهیه یک مقطع متالوگرافیک

تحقیق بر روی فلزات تنها زمانی امکانپذیر است که پرتوهای نوری تابیده شده بر سطح فلز، از این سطح بازتاب شوند. به همین دلیل سطح مقطعی از فلز باید بریده شده و آن سطح صاف و صیقلی شود که به این فرایند عملیات سطحی میگویند. این عملیات با استفاده از برش سطح مقطعی که نماینده کل سطح باشد (به دلیل جزییات فراوان و تنوع بسیار زیاد مواد و عملیات صورت گرفته بر هر یک از این قسمت صرف نظر میکنم) و صیقل زدن سطح برش در چندین مرحله (تا از گرم شده مضاعف سطح ماده و به تبع آن تغییرات ویژگی های متالوژیکی نمونه اجتناب شود) صورت میپذیرد.

چالش متداولی که در این مرحله وجود دارد ابعاد نامناسب نمونه است، بدیهی است در صورت بزرگ بودن ابعاد نمونه میتوان آنرا برش زد و به چند نمونه با سایز مناسب تبدیل کرد. اما در صورت کوچک بودن نمونه این کار امکان پذیر نیست. در این مواقع قطعه را بر روی ماده دیگری سوار میکنند تا اندازه آن به ابعاد متناسب این آزمایش برسد. این عمل معمولاً توسط دانه های ریز رزین اپوکسی و گرم کردن تخت فشار آن حول نمونه صورت میگیرد ولی این عمل خالی از اشکال نیست

چرا که برخی از مواد و ساختارها در دمای بالا و یا در معرض حرارت و فشار تغییراتی میکنند که میتواند باعث تغییرات در ساختار مورد بررسی شود پس این مواد را باید با استفاده از مانت سرد، مانت کرد که فرایند بسیار زمانبری است.

میکروسکوپی نوری

این میکروسکوپها به دو دسته تقسیم میشوند، گروهی بر اساس میزان عبور نور از نمونه و گروهی بر اساس نور بازتابی از سطح ماده عمل میکنند. در متلوگرافی با توجه به اینکه نمونهها فلزی و به تبع کدر بوده و نور را از خود عبور نمیدهند، از میکروسکوپهای انعکاسی استفاده میشود.

در این روش ابتده نمونهها طی چندین مرحله و تا زمانی که سطح به صورت کاملاً آینه ای در بیاید و زیر نور میکروسکوپ نوری به صورت کاملاً صاف و بدون انحراف بازتاب شود، صیقل زده میشوند. در انتهای این مرحله هیچ ساختاری زیر میکروسکوپ قابل مشاهده نیست. پس از صیقل زدن به جهت قابل مشاهده کردن دانهها و مرز آنها، سطح توسط مواد شیمیایی خاصی (معمولاً اسید ولی به شدیدا به نوع متریال بستگی دارد) طی یک فرایند با سرعت کنترل شده خورده میشوند، نواحی مرزی دانهها به سبب سطح انرژی بالا تر سرعت اکسید شدن بالاتری دارند و زودتر خورده میشوند و این باعث میشود که مرز دانهها به صورت واضح تری مشخص شود. طبیعی است در صورت خوردگی بیش از حد تمامی سطح تیره شده و امکان بررسی وجود ندارد و در صورت خوردگی کمتر از حد مرز دانهها به صورت کاملاً مشخص قابل مشاهده نیست و با توجه به گستردگی بسیار زیاد آلیاژهای فلزی به کار رفته در صنعت هوایی، این مرحله بسیار دشوار است.

(SEM) میکروسکوپی الکترونی

بزرگ نمایی این دسته از میکروسکوپها بسیار بالا بوده و تا 300000 برابر میرسد، همچنین این میکروسکوپها تفکیک پذیری بسیار بالایی نیز دارند و تا 10 آنگستروم را میتوانند تشخیص دهد. امروزه این دستگاهها به همراه دستگاه آنالیز اشعه ایکس ساخته میشوند و قادرند تا آنالیز کمی یک ماده شیمیایی را نیز به دست آورند.

اصول کلی روش کار این میکروسکوپها بدین صورت است که طی ایجاد اختلاف ولتاژ بسیار بالا حول یک فیلمان گرما دیده، یک دسته الکترون تا بیشتر از سرعت فرارشان، شتاب میگیرند و سپس از یک عدسی عبور کرده تا به صورت متمرکز بر روی سطح نمونه تابیده شوند، و در این مرحله به دلیل برخورد با سطح نمونه، الکترونها از سرعت خود کاسته شده و انرژی ایجاد شده به صورت فوتونهای اشعه ایکس از نمونه خارج میشود و این اشعهها توسط یک سنسور دریافت میشوند و تصویر نمونه به صورت دیجیتال در کامپیوتر ذخیره میشود.

فصل چهارم

(NDT) آزمایشات غیر مخرب

هر گونه تست که باعث آسیب ظاهری به نمونه نشود و کارکرد نمونه نیز بعد از انجام آزمایش از دست نرود، آزمایش غیر مخرب نامیده میشود. این آزمایشات معمولاً برای تشخیص خطاهای داخلی و ناپدید در نمونهها به کار میرود.

بازرسی چشمی

ساده ترین نوع آزمایش غیر مخرب، بازرسی چشمی است. در این آزمایش نمونهها به صورت دستی بررسی میشوند و از آنها تصاویر گرفته میشود. این آزمایش معمولاً برای تشخیص خطاهای سطحی به کار میرود.

علاقم ساده بودن این تست به دلیل هزینه بسیار پایین و زمان کمتری که برای انجام آن نیاز است، این آزمایشها بسیار محبوب هستند.

(UT)آزمایش فراصوتی

بهترین روش برای شناسایی ترکهای و حفرهها و ضخامت سنجی میباشد. این دستگاه امواج صوتی با فرکانس بالا تولید میکند چرا که برای شناسایی ناپیوستگیها محدودیت نصف طول موج را دارد. این امواج صوتی از طریق نمونه عبور میکنند و در صورتی که با ناپیوستگیها برخورد کنند، انعکاس میشوند و این انعکاسها توسط یک سنسور دریافت میشوند.

و نمودار توان بازگشتی بر حسب فاصله توسط دستگاه ذخیره میشود. با بازگشت امواج و تشکیل موج ثابت در سنسور، میتوان از طریق تغییرات زمانی که این امواج برای رسیدن به سنسور نیاز دارند، ضخامت نمونه را محاسبه کرد. نکته قابل توجه در این آزمایش نیاز به دانستن سرعت صوت در نمونه و ناپیوستگی است، اما با توجه به اینکه عموماً حفره ها از جنس هوا هستند مشکلی پیش نمی آید.

برتری این تست نسبت به سایر آزمایشات غیر مخرب در این است که هزینه بسیار پایین و دقت بسیار بالایی دارد.

آزمایش مایعات نافذ

در این آزمایش از مایعاتی که نفوذپذیری بالایی دارند برای شناسایی ناپیوستگی های سطحی به کار میروند و این مایعات در صورتی که با ناپیوستگی ها برخورد کنند، درون آنها نفوذ میکنند و این نفوذ را میتوان با استفاده از یک پودر رنگی که به آنها اضافه میشود، شناسایی کرد.

این مایعات از نظر مشاهده پذیری به دو دسته تقسیم میشوند، دسته اول ذاتن رنگی اند و از همین رنگ برای شناسایی پس از شست و شو استفاده میشود و دسته دوم ذاتا رنگی نیستن یا از این رنگ برای شناسایی نهایی استفاده نمیشود بلکه آنها با مواد فلورسنتی ترکیب شده اند و از طریق یک لامپ ماورای بنفش شناسایی میشوند.

این آزمایشات برای شناسایی ناپیوستگی های سطحی به کار میروند و از آنجا که این ناپیوستگی ها معمولاً در نقاطی که از آنها میگذرد، تراکم بالایی دارند، این آزمایشات برای شناسایی ناپیوستگی های سطحی بسیار مناسب هستند. اما در این آزمایش امکان عمق سنجی عیوب به طور کمی وجود ندارد.

آزمایش پرتونگاری یا رادیوگرافی

این آزمایش بر تفاوت میزان عبور پرتوهای رادیوگرافیک از ناپیوستگی ها و نمونه ها بر اساس جذب این پرتوها توسط مواد مختلف استوار است. این آزمایش برای شناسایی ناپیوستگی های داخلی به کار میروند و از آنجا که این ناپیوستگی ها معمولاً در نقاطی که از آنها میگذرد، تراکم بالایی دارند، این آزمایشات برای شناسایی ناپیوستگی های داخلی بسیار مناسب هستند. تفاوت عمده این تست با تست ها معمول پزشکی در این است که در این آزمایش از پرتوهای با انرژی بالا استفاده میشود و این پرتوها میتوانند از طریق مواد سنگینی مانند فلزات عبور کنند و به تبع در صورت عدم رعایت اصول ایمنی، باعث آسیب های جدی به سلول های بدن میشوند.

این دستگاه ها بر حسب نوع کالکتور به کار رفته به سه دسته تقسیم میشوند، بدین گونه که دسته ای همانند دوربین های قدیمی از کالکتور های فیلمی استفاده میکنند و بعد از تصویر برداری باید فرایند ظاهر سازی عسک طی شود که البته امروزه کاربرد بسیار کمی دارند.

نوع دیگر از این دستگاه ها از کالکتور های دیجیتال استفاده میکنند و تصویر برداری را به صورت دیجیتال انجام میدهند و این تصاویر را میتوان به راحتی در کامپیوتر ذخیره کرد و از طریق شبکه به اشتراک گذاشت.

و نوع سوم از یک کالکتور پرده ای شکل که خاصیت فلورسنت دارد استفاده میکند و تصویر اشعه ایکس بر روی آن ظاهر شده و سپس توسط دوربین عکاسی دیجیتال تصویر برداری میشود و به اوپراتور گزارش میشود.