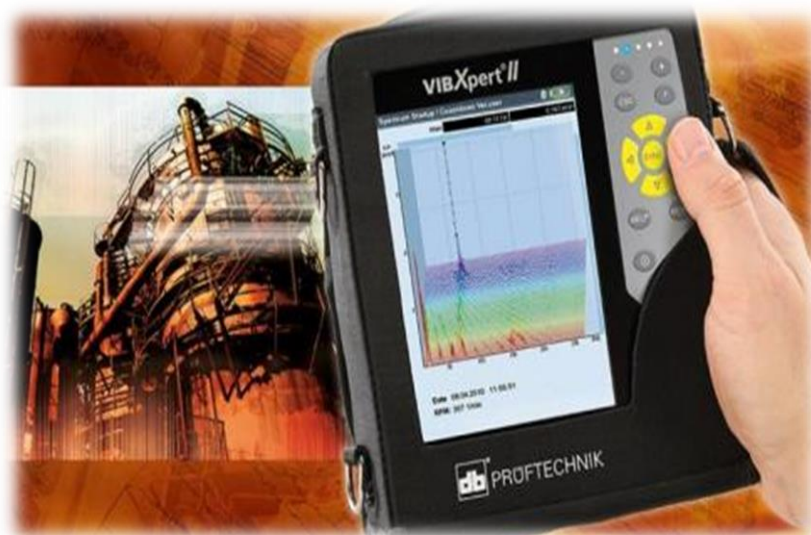




دستورالعمل آزمایشگاه عوامل فیزیکی



تهیه و تنظیم:

گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار

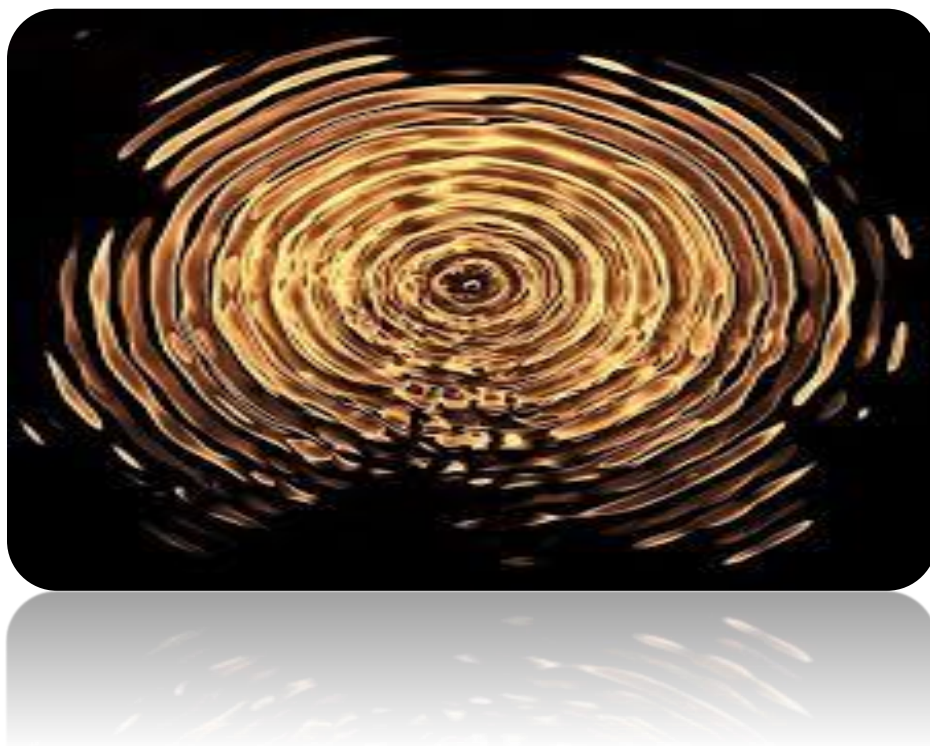
دانشکده بهداشت

دانشگاه علوم پزشکی بمر

تیرماه ۱۴۰۱

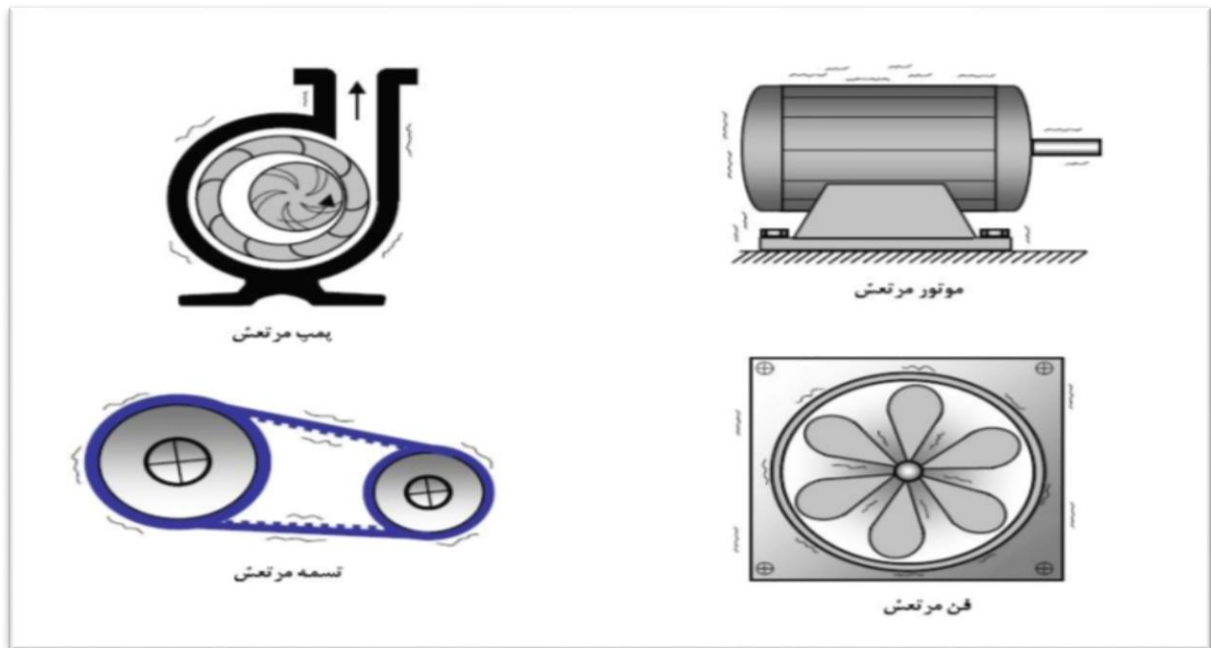
	دستورالعمل درس ارتعاش در آزمایشگاه عوامل فیزیکی محیط کار	تهیه کننده : دانشگاه علوم پزشکی بـم - دانشکده بهداشت گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار
آموزش عملی دستگاه ها و تجهیزات اندازه گیری ارتعاش، کالیبراسیون		تاریخ بازنگری: تیرماه 1401

اندازه گیری ارتعاش :



ارتعاش چیست و اندازه گیری ارتعاش چه کاربردی دارد ؟

زمانیکه یک ماشین مکانیکی متحرک مانند موتور الکتریکی از حال نرمال خود خارج می شود دچار افزایش میزان مقدار ارتعاش می شود اگر نتوانیم با اندازه گیری ارتعاش به موقع فرمان توقف را ندهیم امکان دارد صدمه های بسیاری به سیستم وارد شود. برخی از کاربردهای اندازه گیری ارتعاش شامل : سیستم حمل و نقل ریلی ، هواپیما ، نیروگاه های ژنراتوری و کلیه صنایع که دارای ماشین دوار مانند موتور الکتریکی ، فن و غیره است



وسایل اندازه گیری ارتعاش

ارتعاش سنج



اصولاً ارتعاش سنج ها را در دو نوع صنعتی و انسانی می سازند که نوع صنعتی در عیب یابی دستگاه ها کاربرد داشته و مقادیر ارتعاش را به صورت مطلق و بدون توزین فرکانس اندازه گیری می کند، ولی نوع انسانی علاوه بر امکان توزین فرکانس می تواند برخی محاسبات لازم را نیز انجام دهد. دستگاه اندازه گیری ارتعاش انسانی نوعی ارتعاش سنج است که بر اساس نحوه درک بدن نسبت به فرکانس های ارتعاش تنظیم و دارای شبکه توزین فرکانس است. این دستگاه ها برای اندازه گیری ارتعاش تمام بدن و ارتعاش دست - بازو دارای توزین فرکانسی مستقل بوده و بسته به هدف و نوع اندازه گیری به کار برده می شوند. اندازه گیری توسط این وسایل میتواند به صورت مقادیر فیزیکی یا تراز، مخصوصاً تراز شتاب با مقادیر RMS یا Peak باشد. امروزه دستگاه های متنوعی با قابلیت های مختلف ساخته شده اند که برخی از آنها فقط برای اندازه گیری ارتعاش دست- بازو و برخی دیگر

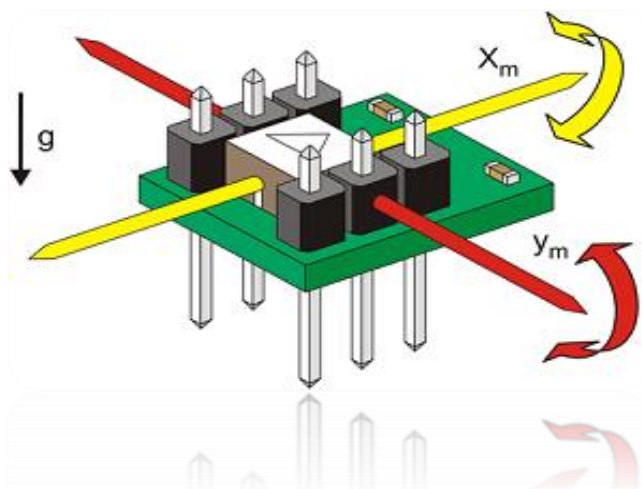
برای اندازه گیری هر نوع ارتعاش قابلیت دارند. بخش های اصلی هر دستگاه ارتعاش سنج انسانی شامل : دریافت کننده، پردازشگر و نمایشگر می باشد.



دریافت کننده

دریافت کننده شامل قسمت حساس به ارتعاش یعنی شتاب سنج ، قاب نگهدارنده (در صورت نیاز) فیلتر تشدید و سیم رابط است. دریافت کننده بر اساس نوع کاربرد به دو نوع: صفحه ای یا بشقابی برای اندازه گیری ارتعاش تمام بدن و مینیاتوری برای دست -بازو تقسیم می گردد.

ویژگی های شتاب سنج ها



جرم شتاب سنج بایستی تا حد امکان کوچک باشد زیرا بتا افزایش جرم شتاب سنج دقت کم خواهد شد، این جرم متناسب با جرم وسیله مرتعش انتخاب میگردد. توصیه شده است که حداکثر نسبت جرم شتاب سنج به جرم دینامیکی ناچیز باشند لذا در ارتعاش انسانی برای اندازه گیری ارتعاش تمام بدن از سه شتاب سنج با جرم 34 گرم قرار گرفته در یک محفظه بشقابی با جرم کلی کمتر از 500 گرم و برای ارتعاش دست بازو شتاب سنج مینیاتوری با جرم حداکثر 30 گرم در قاب منفرد نگهدارنده آلومینیومی استفاده میشود. درجه حرارت های بالا خصوصاً بیش از 250 درجه سانتی گراد، فشار غیر متعارف هوا، میدان های مغناطیسی و رطوبت نسبی محیط می تواند روی کارایی برخی شتاب سنج ها مؤثر باشد. به طور مثال درجه حرارت بالا و فشار هوا روی نوع پیزو رزیستیو اثر نامطلوب دارد. در خصوص شتاب سنج حساسیت در موقع برگشت از یک جهت ورود ارتعاش به - جهت دیگر قابل توجه است. به صورت مطلوب این حساسیت در جهت ها تا حد $2 \text{ pC/ms} - 10/05$ قابل قبول است.

انواع شتاب سنج شتاب سنج های انسانی شامل دو گروه: پیزوالکتریک کریستالی ، پیزو رزیستیو هستند. در نوع پیزوالکتریک، هرگاه یک نیروی مکانیکی به سطح یک ماده کریستالی مانند کوارتز وارد شود، ولتاژی در سطح آن ایجاد می کند که این ولتاژ با نیروی وارده نسبت مستقیم دارد. اگر یک جرم بسیار کوچک را روی کریستال نصب و دوباره نیروی دیگری را به آن وارد گردد، با احتساب جرم اضافه شده ولتاژ معینی در سطح کریستال به وجود خواهد آمد. در شتاب سنج کریستالی از یک مجموعه شامل کریستال، جرم، پیش فنر نگهدارنده و خروجی ولتاژ پیش بینی شده است. هنگامی که این مجموعه به ارتعاش در می آید، تغییرات فشار روی سطح کریستال به صورت پالس الکتریکی از شتاب سنج خارج می گردد. به علت تغییرات ناشی از طول عمر و اثر عوامل محیطی لازم است که پس از چند بار اندازه گیری شتاب سنج روی دستگاه کالیبره گردد. شکل برش ساده این نوع را نشان می دهد.

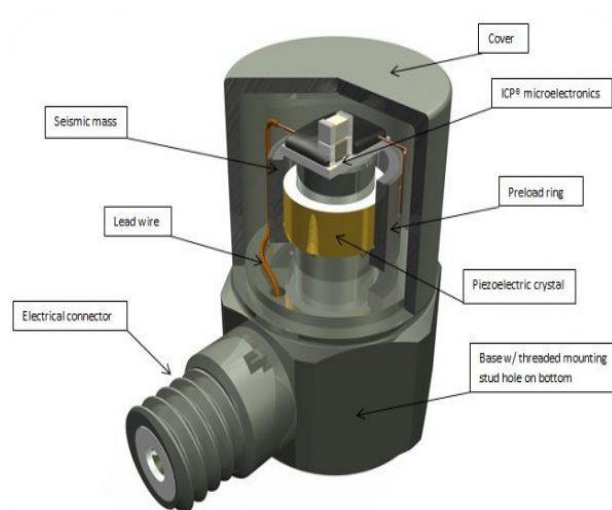
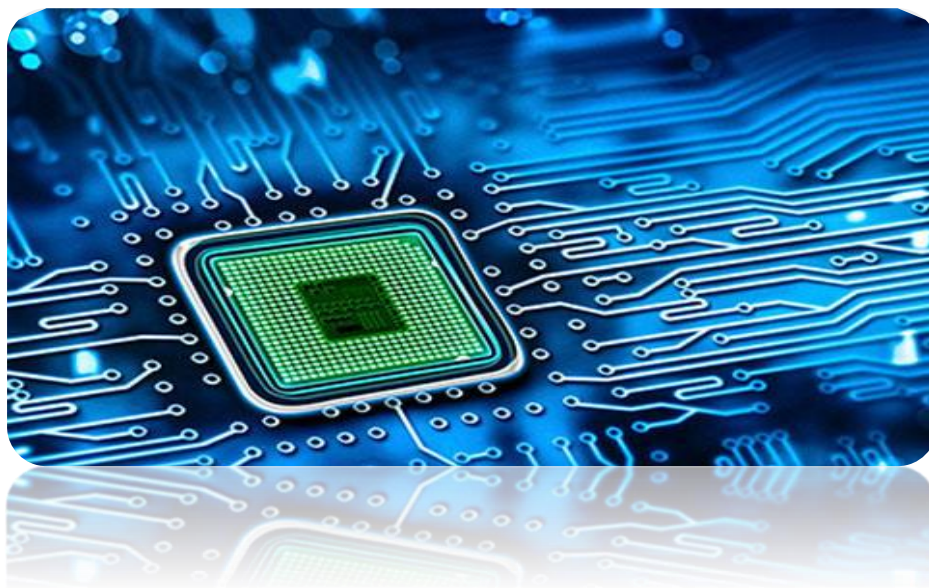


Figure 1: Typical ICP® Accelerometer

سنسور شتاب سنج پیزوالکتریک

ساختار سنسور ارتعاش



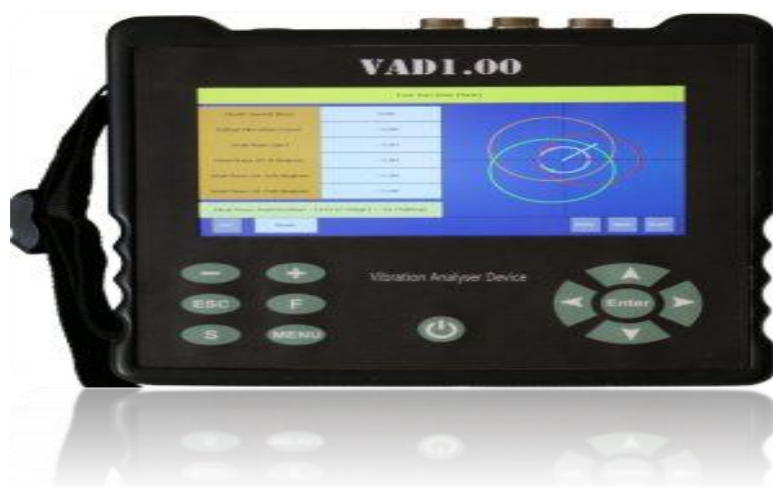
این بخش از ارتعاش سنج، پالس های دریافتی از جهات مختلف را پس از تقویت در ارتباط با جهت و نوع ارتعاش توزین فرکانس نموده و مقادیر را بر حسب کمیات مطلق یا تراز به صورت انتگرال زمانی محاسبه می نماید. شکل نمودار این توزین را برای ارتعاش دست بازو و تمام بدن در دو مؤلفه طولی (Z) و عرضی (X, Y) نشان داده است. همان گونه که در شکل مشاهده می شود کمیت ارتعاش در محدوده فرکانس بحرانی برای دست حدود 10-16 هرتز، و برای تمام بدن در محور عمودی 6-8 هرتز و محور افقی در 1-2 هرتز، توزین شده می شوند. محدوده کلی توزین فرکانس در پردازشگر از 0.4 تا 1000 هرتز می باشد. مقادیر پس از اندازه گیری، توزین فرکانس و محاسبات لازم برای هر جهت، در مقیاس حداکثر Peak یا مؤثر rms به نمایشگر منتقل می گردد. برخی دستگاه ها می تواند محاسبات دیگری را مانند تراز یا مقدار معادل زمانی همانطور که گفته شد کمیت مهم در اندازه گیری ارتعاش، شتاب و تراز شتاب آن است.

نمایشگر



نمایشگر دستگاه ارتعاش سنج امروزه به صورت دیجیتال با دقت یک دهم می باشد، زیرا قرائت به طور صحیح انجام شده و امکان خطای دید از بین می رود. مدار اجزای یک ارتعاش سنج در شکل زیر نشان داده شده است.

آنالیزور ارتعاش



به منظور مطالعه توزیع دامنه ارتعاش در پهنه فرکانسی، از آنالیزورهای مختلفی استفاده می گردد که به طور مستقل یا به همراه ارتعاش سنج انسانی ارتعاش را در پهنه فرکانس های 0/2-2000HZ در مقیاس یک یا یک سوم اکتاو باند تجزیه می کنند.

دستگاه های ثابت

برای مطالعات تحقیقاتی یا مواردی که لازم باشد نتایج ثبت و بعداً مورد مطالعه قرار گیرد از دستگاه های ثابت یا چاپگر معمولاً روی کاغذ استفاده می گردد. همچنین دستگاه های پیشرفته قابلیت وصل به کامپیوتر و آنالیز آماری داده ها بر اساس نرم افزار را دارند. خروجی این دستگاه ها می تواند با اسیلوسکوپ نیز مورد مطالعه قرار گیرد.

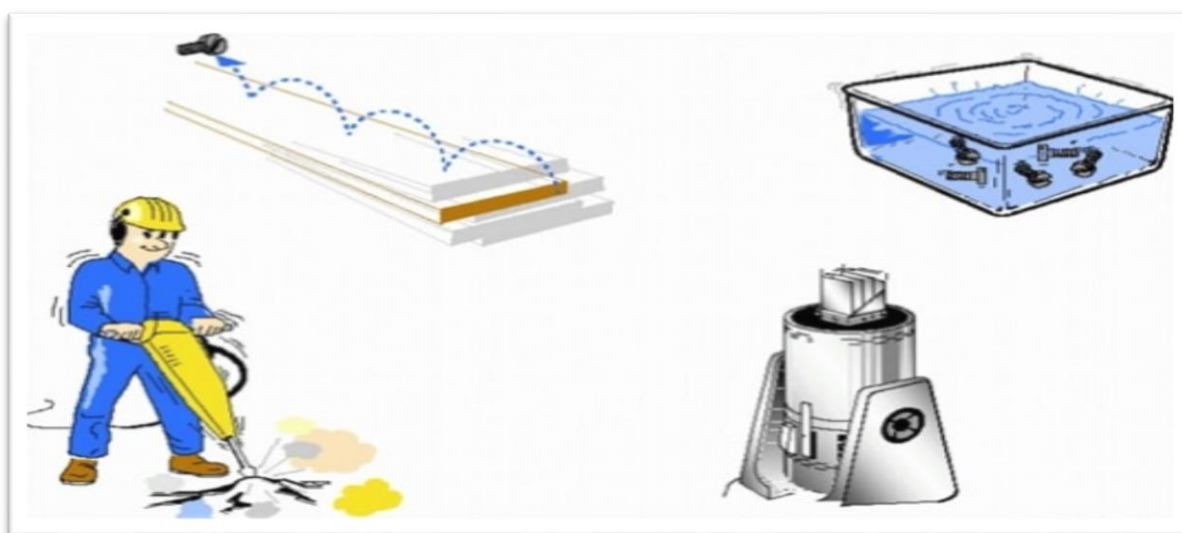




قبل از هر بار اندازه گیری باید از صحت و دقت کار دستگاه مطمئن شد. دقت دستگاه وابسته به نوع دستگاه و مشخصات آن است. ولی برای اطمینان از صحت کت ار دستگاه بایستی آن را با وسیله یا روش استاندارد کالیبره نمود. کالیبراسیون ارتعاش سنج ها مشابه صداسنج ها می باشد که با کمک یه منع مولد خارج دستگاه انجام می شود. روش اختصاصی برای کالیبراسیون دستگاه ارتعاش سنج، استفاده از کالیبراتور مولدهای استاندارد است . طبق راهنمای هر دستگاه، شتاب سنج که بخش مهم دریافت کننده می باشد بر روی کالیبراتور قرار می گیرد و پس از روشن کردن آن، دستگاه ارتعاش سنج باید مقادیر شتاب ارتعاشی را دقیقاً نشان دهد در غیر این صورت باید توسط مدار داخلی یا پیچ تنظیم کالیبره شود.

	دستورالعمل درس ارتعاش در آزمایشگاه عوامل فیزیکی محیط کار	تهیه کننده : دانشگاه علوم پزشکی بم - دانشکده بهداشت گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار
ارتعاش سنجی انسانی و آنالیز فرکانس در آزمایشگاه		تاریخ بازنگری: تیرماه 1401

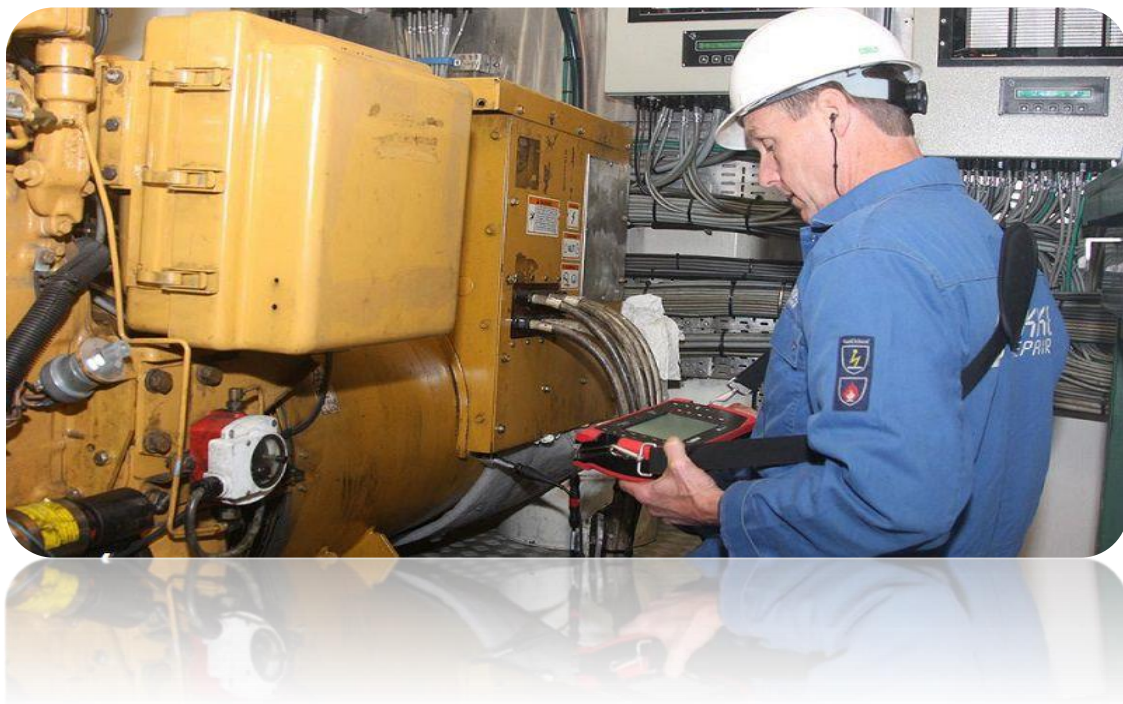
انواع ارتعاش انسانی



مطالعه ارتعاش انسانی شامل دو بحث مهم و اصلی شامل: ارتعاش تمام بدن و ارتعاش دست-بازو (موضعی) است. علت جدا نمودن مبحث ارتعاش دست - بازو بدین دلیل است که اولاً این اندام در کار اهمیت زیادی دارد و ثانیاً محدوده فرکانس بحرانی ارتعاش برای آن تا حدود 1500 HZ مورد دارای اهمیت بوده و در استاندارد 5439 ISO- نیز مورد بحث قرار گرفته است. ارتعاش دست - بازو از وسایل مرتعش دستی مانند مته برقی، ابزارهای بادی

نظیر: مته، چکش، کلنگ و اهرهای چوب‌بری بنزینی تولید می‌گردد. ارتعاشی کته به تمام بدن وارد می‌شود در محدوده فرکانس بحرانی 1-80Hz مورد مطالعه قرار می‌گیرد و طی استاندارد ISO-2631 مورد بحث قرار گرفته است. در ارتعاش تمام بدن سطح وسیعی از بدن در تماس با جسم مرتعش و حتی ممکن است کل بدن در یک محیط مرتعش مانند خودرو و بالگرد قرار گیرد. در برخی از پست‌های کاری به‌طور همزمان بدن در معرض هر دو نوع ارتعاش قرار دارد.

اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن



برای اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن ابتدا باید دستگاهی انتخاب شود که برای این کار طراحی شده باشد. همچنین دریافت‌کننده ارتعاش باید مخصوص ارتعاش تمام بدن باشد. دریافت‌کننده ارتعاش تمام بدن به شکل صفحه‌ای با ضخامت کم و پوشش لاستیکی بوده و در محل تماس بدن با دستگاه حد فاصل بدن و دستگاه قرار داده می‌شود. مثال اگر فرد در حالت نشسته باشد شتاب‌سنج روی صندلی گذاشته شده و فرد روی آن می‌نشیند. برای

حالت دیگر روی زمین یا متصل به تکیه گاه نصب می گردد. اگر کارگر در تمام طول شیفت با یک ارتعاش مواجهه داشته باشد، یک اندازه گیری در سه جهت برای ارزیابی کافی است. ولی اگر در زمان های مختلف یا در حالت مختلف قرار می گیرد، بایستی برای هر مواجهه در سه جهت (Z,Y,X) اندازه گیری را انجام داده و در صورتی که نیاز به آنالیز فرکانس باشد بایستی در هر جهت این کار انجام گردد. طبق جدول حدود مجاز مواجهه OEL لازم است مقادیر اندازه گیری شده به صورت برآیند جهت انجام گردد و سپس با جدول مقایسه و ارزیابی گردد. پس از تنظیم و کنترل اتصالات دستگاه و انتخاب محور مورد نظر، کارگر اجازه می یابد که بدون تغییر حالت در پست کاری خود مشغول گردد. اندازه گیری انجام گردد. در هنگام اندازه گیری باید مقادیر در هر نوبت سه بار قرائت شود تا از صحت کار اطمینان حاصل گردد سپس نتایج اندازه گیری بر روی فرم مخصوص ثبت می گردد.

(مستند به معادله B2 استاندارد [ISO 2631-1997(R2004])

مدت مجاز مواجهه (دقیقه)	حد مجاز شتاب مؤثر معادل (برآیند سه جهت) (m/s^2)	حد مراقبت (عمل) شتاب مؤثر (برآیند سه جهت) (m/s^2)
۱۴۴۰	۰/۶۳	۰/۳۸
۹۶۰	۰/۷۰	۰/۴۲
۴۸۰	۰/۸۷	۰/۵۰
۲۴۰	۱/۱۰	۰/۵۹
۱۲۰	۱/۳۰	۰/۷۲
۶۰	۱/۶۰	۰/۸۵
۳۰	۱/۸۵	۱/۱۰
۱۰	۲/۴۵	۱/۴۵

حد مجاز مواجهه شغلی OEL برای ارتعاش تمام بدن

مثال: یک راننده اتوبوس مد نظر است. وی برای هر بار مسافرت بین تهران و همدان که 4 ساعت به طول می انجامد مسیر اتوبان تهران – ساوه و ساوه – همدان را طی می نماید. راننده مذکور در هر شبانه روز یک بار رفت و یک بار برگشت جمعاً 8 ساعت مواجهه دارد. برای اندازه گیری ارتعاش تمام بدن وی با استفاده از یک دستگاه ارتعاش سنج انسانی کالیبره شده که توانایی آنالیز فرکانس ارتعاش و اندازه گیری همزمان سه جهت و مقادیر شتاب مؤثر به صورت معادل زمانی (ATWA) را دارد استفاده می شود. مراحل کار به صورت زیر می باشد.

1- ابتدا با راننده در مورد لزوم اندازه گیری ارتعاش و هدف کار صحبت می شود و به وی اطمینان داده می شود که این اندازه گیری برای وی هیچ گونه محدودیت کاری یا خطری ندارد بلکه برای مراقبت از سلامت وی می باشد.

2- سنسور بشقابی دریافت کننده سه جهته مطابق شکل زیر روی کف صندلی قرار داده می شود. با توجه به اینکه ضخامت کمی دارد و قاب آن نیز الاستیکی است مزاحمتی برای راننده نخواهد داشت. کابل دریافت کننده ارتعاش به دستگاه ارتعاش سنج متصل می شود.



3- تنظیمات دستگاه مطابق راهنمای سازنده تنظیم و روی حالت Aeq و آنالیز فرکانس همزمان تنظیم و آماده کار میگردد.

4- با توجه به اینکه مسیر رانندگی اتوبان بوده و تغییرات شتاب ارتعاشی هم قابل مشاهده است پس از طی 30 دقیقه از شروع حرکت، اندازه گیری را شروع می نمایند. در این حالت باید دکمه شروع فعال و کارشناس حالت

Run دستگاه را مشاهده نماید. مدت زمان اندازه گیری 30 دقیقه کافی می باشد در صورتی که بخواهیم اطمینان بیشتری داشته باشیم این اندازه گیری را یک بار دیگر در طول سفر تکرار می نماییم.

5- پس از اتمام اندازه گیری نتایج را با جدول مقایسه می نماییم.

به طور مثال: اگر شتاب معادل سه جهته ثبت شده توسط دستگاه برابر 0.93 m/s^2 باشد، با توجه به اینکه این عدد مقدار شتاب معادل محدود نشده را نشان داده است و مدت زمان مواجهه کلی راننده مورد نظر هم در هر روز 8 ساعت است، عدد مذکور با حد مجاز 8 ساعته مقایسه می گردد که در جدول برابر

0.87 m/s^2 تعیین شده است. لذا اظهار نظر <<مواجهه غیرمجاز>> می باشد. اگر همین راننده بخواهد در حد مجاز رانندگی نماید، طبق درون یابی جدول بالا باید حدود 5 ساعت رانندگی نماید. درون یابی با کمک محاسبات تناسب به صورت زیر انجام می گردد:



این ارتعاشات از وسایل نقلیه زمینی، هوایی، دریایی و نیز بسیاری از محیط های مرتعش کاری مثل ژنراتورهای نیروگاه ها و سایر وسایل به بدن انسان وارد می شود . مهم ترین اثرات این نوع ارتعاش عبارتند از:

1- اختلال در اندام ها مخصوصاً ستون فقرات: به دلیل صدمات مکانیکی و همچنین اختلال در خون رسانی و تغذیه بافت ها که باعث تخریب سلول های استحکامی استئوسیت می شود، اندام اسکلتی مخصوصاً مفاصل تحت تأثیر ارتعاش قرار می گیرند ، نرم و شکننده می شوند.

2- اختلالات گوارشی: به دلیل تقارن فرکانس ارتعاش با فرکانس طبیعی برای هضم و دفع مواد غذایی اختلالاتی ایجاد می گردد. یکی از این اختلالات ناخوشی راکبین وسایل نقلیه شامل: سرگیجه، عدم تمرکز و تهوع است. در مواجهه های شغلی با ارتعاش به دلیل تحریک عصبی و ترشح زیاد اسید، اختلال هضم غذا و اختلال در ترانزیت روده شایع بوده و حتی در برخی موارد هموروئید نیز گزارش شده است

3- اثرات عصبی و عمومی: ارتعاش به عنوان استرس فیزیکی می تواند ترشح هورمون های محرک را زیاد نموده و باعث تحریک عصبی گردد. افزایش فشارخون و نبض نیز به همین دلیل است. مواجهه با ارتعاش حتی می تواند در ترشح برخی آنزیم های بدن نیز ایجاد اختلال نماید.

اندازه گیری ارتعاش دست-بازو

برای اندازه گیری ارتعاش دست - بازو از ارتعاش سنجی استفاده می گردد کته بتواند توزین فرکانس مورد نظر را برای ارتعاش دست - بازو انجام دهد. شتاب سنج مورد استفاده برای این کار مینیاتوری است. شتاب سنج مربوطه در داخل حفره یک قاب مخصوص و در جهت مورد (Z,Y,X) نظر قرار داده می شود. اگر کارگر در تمام طول شیفت با یک ارتعاش مواجهه دارد، یک بار اندازه گیری در سه جهت برای ارزیابی کافی است. ولی اگر در زمانهای مختلف یا در حالت مختلف قرار می گیرد، بایستی برای هر مواجهه در سه جهت اندازه گیری انجام گیرد. در صورتی که نیاز به آنالیز فرکانس باشد بایستی در هر جهت این کار انجام گردد. طبق جدول حدود مجاز مواجهه OEL لازم است مقادیر اندازه گیری شده به صورت برآیند جهت انجام گردد و سپس با جدول حد مجاز مواجهه شغلی OEL مقایسه و ارزیابی گردد. پس از تنظیم و کنترل اتصالات دستگاه و انتخاب محور مورد نظر به کارگر اجازه داده می شود تا بدون تغییر حالت مچ و تغییر در نیروی چنگش دست به کار با دستگاه مشغول گردد. نتایج اندازه گیری در هر جهت سه بار قرائت نموده تا از صحت کار اطمینان حاصل گردد سپس نتایج اندازه گیری بر روی فرم مخصوص ثبت می گردد. هنگام کار با شتاب سنج مینیاتوری باید کمال دقت در نگهداری آن به عمل آید.

(مستند به استاندارد (ISO 5349(2001)

مدت مواجهه روزانه* (دقیقه)	حد مجاز شتاب مؤثر** معادل (برآیند سه جهت) (m/s^2)	حد مراقبت (عمل) شتاب مؤثر** (برآیند سه جهت) (m/s^2)
۹۶۰	۱/۵	۰/۹
۴۸۰	۲/۰	۱/۲
۲۴۰	۲/۸	۱/۷
۱۲۰	۴/۰	۲/۴
۶۰	۵/۵	۳/۳
۳۰	۸/۰	۴/۸
۱۵	۱۲/۰	۷/۲
۷/۵	۱۷/۰	۱۰/۲

* کل زمانی که ارتعاش طی یک روز کاری به صورت پیوسته یا متناوب به دست منتقل می‌شود.

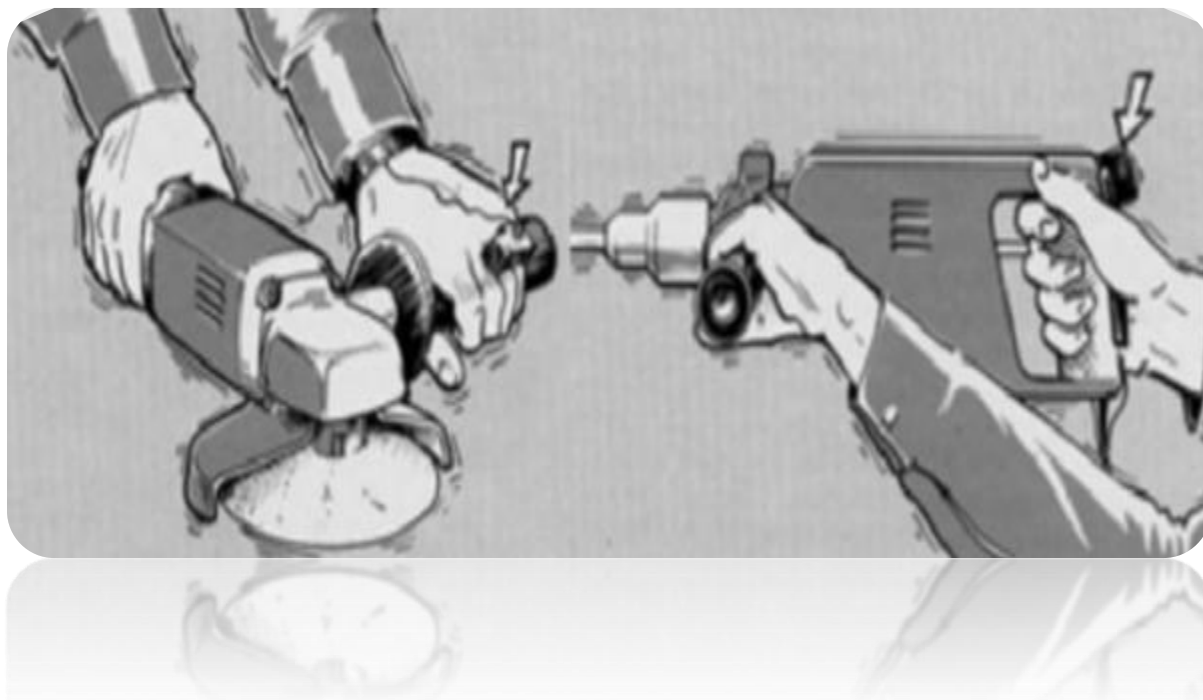
** مقدار RMS مد نظر است. معمولاً ارتعاش در یک محور بیشتر از دو محور دیگر می‌باشد. اگر در یک یا چند محور میزان ارتعاش از "کل مدت مواجهه مجاز روزانه" تجاوز کند، از حد مجاز مواجهه شغلی نیز تجاوز کرده است لیکن معیار مقایسه مقادیر برآیند سه جهت خواهد بود.

حد مجاز مواجهه شغلی OEL با ارتعاش دست و بازو

مثال: در صورتی که بخواهیم برای راننده اتوبوس مثال قبل میزان مواجهه با ارتعاش دست- بازو را نیز اندازه

گیری و ارزیابی نماییم مراحل زیر باید انجام گردد.

1- در فواصل اندازه گیری ارتعاش تمام بدن سنسور صفحه ای را هنگام توقف در پلیس راه، برمی داریم و قبل از شروع حرکت سنسور دست و بازو را مطابق راهنمای دستگاه و همانند شکل زیر سمت چپ روی دست نصب و میچ بند را می بندیم.



2- کابل دریافت کننده دست و بازو را به دستگاه ارتعاش سنج انسانی متصل نموده و آن را روی حالت اندازه گیری دست و بازو تنظیم میکنیم. سایر تنظیمات شامل سنجش سه جهته شتاب مؤثر و حالت محاسباتی Aeq و آنالیز فرکانس همزمان است.

3- دکمه شروع را فشار می دهیم و به راننده می گوییم که فرمان را عادی در دست بگیرد. توجه داشته باشید که هنگام اندازه گیری دستگاه در حالت Run باشد. مدت زمان اندازه گیری نیم ساعت کافی است. برای اطمینان در طول مسیر رانندگی این اندازه گیری را دو بار تکرار می کنیم.

4- پس از اتمام اندازه گیری نتایج را با جدول بالا مقایسه می نماییم. به طور مثال اگر شتاب معادل سه جهته ثبت شده توسط دستگاه برابر $1/8 \text{ m/s}^2$ باشد، با توجه به اینکه این عدد مقدار شتاب معادل محدود نشده

را نشان داده است و مدت زمان مواجهه کلی راننده مورد نظر هم در هر روز 8 ساعت است، عدد مذکور با حد مجاز 8 ساعته مقایسه می گردد که در جدول برابر 2 m/s^2 تعیین شده است. لذا اظهار نظر >>مواجهه مجاز<< می باشد. این بدان معنی است که راننده مذکور دارای مواجهه مجاز با ارتعاش دست - بازو و مواجهه غیرمجاز با ارتعاش تمام بدن است.

اثرات ارتعاش دست - بازو



علاوه بر اثراتی که برای ارتعاش تمام بدن ذکر شد در تماس بدن با ارتعاش دست-بازو نیز عوارض ویژه ای ظاهر می گردد. در مطالعات اپیدمیولوژیک، عوارض ناشی از این ارتعاش شامل سندرم ارتعاش دست-بازو و عوارض استخوانی می باشد. این سندرم شامل اختلال در خون رسانی به دست به دلیل عکس العمل رفلکسی عروق به صورت تنگی ظاهر شده و باعث اختلال در تغذیه و اکسیژن رسانی شده و می تواند باعث علائم تغییرات عصبی و عروقی و نهایتاً پدیده انگشت سفید ناشی از ارتعاش نیز سندرم ارتعاشات دست - بازو گردد. مطالعات نشان داده است که در این عارضه به دلیل اختلالات ایجاد شده در خون رسانی، ابتدا تغییر رنگ انگشتان به سمت سفیدی،

سپس سیانوز (سیاه) شدن انگشتان، آتروفیت (تحلیل بافت) تدریجی و نهایتاً قانقاریا (گانگرن) یا بافت مردگی عارض می گردد. بیشترین مطالعات در این زمینه مربوط به Taylor ، Palmear و Pearson است. مراحل پیشرفت VWF از نظر تیلور شامل چند مرحله است که در جدول آمده است. در مراحل 3 و 4 این جدول نسج مردگی به طور پیش رونده ادامه داشته و انگشت کوچک بیش از همه در معرض آسیب می باشد. وجود سرما در محل کار اثر ارتعاش را تسریع میکند. در سال 1990 در گردهمایی استکهلم برای ارزیابی علائم و اثرات حسی و عروقی ناشی از ارتعاش، سندرم ارتعاش دست - بازو HAVS معرفی گردیده است. این علائم در درجه بندی ویژه ای که در جدول آمده است و هم اکنون مورد استناد می باشد. تغییر شکل استخوان ها و مفاصل انگشتان به دلیل خون رسانی ناکافی و صدمات مکانیکی ناشی از ارتعاش موجب می گردد که مفاصل انگشتان تغییر شکل داده و حجیم گردند. نرمی استخوان و چنگش بالا این عارضه را تشدید می نماید. عوارض استخوان های مچ و کف دست: اختلال در خون رسانی و تغذیه بافت ها که باعث انهدام سلول های استحکامی استئوسیت می شود، استخوان های کف دست را تحت تأثیر ارتعاش قرار داده، نرم و شکننده نموده و حتی در برخی موارد دچار نکروز و حتی کنده شدن می نماید.

درجه بی حسی		
مرحله	درجه	شرح
0	-	ناراحتی ندارد
1	ملایم	گاه‌گاهی ناراحتی در نوک یک یا چند انگشت
2	متوسط	گاه‌گاهی ناراحتی در بندهای بیش از یک انگشت
3	شدید	ناراحتی به‌صورت همیشگی در اغلب بندهای انگشتان
4	خیلی شدید	موارد مرحله ۳ به همراه نارسایی در تغذیه پوست در نوک انگشتان

توجه: بایستی مراحل برای هر دست جداگانه تعیین شود. مثلاً "2L(2)/1R(1)" یعنی مرحله ۲ در دو انگشت دست چپ و مرحله ۱ در یک انگشت دست راست.

ارزیابی حسی	
مرحله	علائم
0SN	با ارتعاش مواجهه داشته ولی علامت بیماری ندارد
1SN	بی‌حسی (کریختی) متناوب، همراه یا بدون مورمور شدن
2SN	بی‌حسی (کریختی) متناوب یا مداوم، کاهش درک حسی
3SN	بی‌حسی (کریختی) متناوب یا مداوم، کاهش درک حسی و کاهش مهارت دست

توجه: بایستی مراحل برای هر دست جداگانه تعیین شود.

پیشرفت VWF براساس نظر تیلور

مرحله VWF	وضعیت انگشتان	میزان ممانعت از کار و زندگی
0	سفیدی در انگشتان مشهود است	شکایتی ندارد
0_T^1	مور مور شدن متناوب	مانع فعالیت نیست.
0_N^1	بی حسی متناوب	مانع فعالیت نیست.
1	سفیدی در یک یا چند انگشت همراه با مور مور شدن و بی حسی (یا بدون آن)	مانع فعالیت نیست.
2	سفیدی در یک یا چند انگشت به طور کامل همراه با بی حسی معمولاً در زمستان	محدودیت مختصر در انجام امور منزل و فعالیت های اجتماعی
3	سفیدی دو طرفه در تمام انگشتان به صورت همیشگی در تابستان و زمستان	محدودیت در کار و منزل و فعالیت های اجتماعی به جز فعالیت های مورد علاقه
4	سفیدی وسیع در تمام انگشتان به صورت دائم	در این مرحله به دلیل وسعت عوارض و محدودیت زیاد باید شغل فرد عوض شود

مراحل سندرم ارتعاش دست و بازو در تقسیم بندی استهکلم

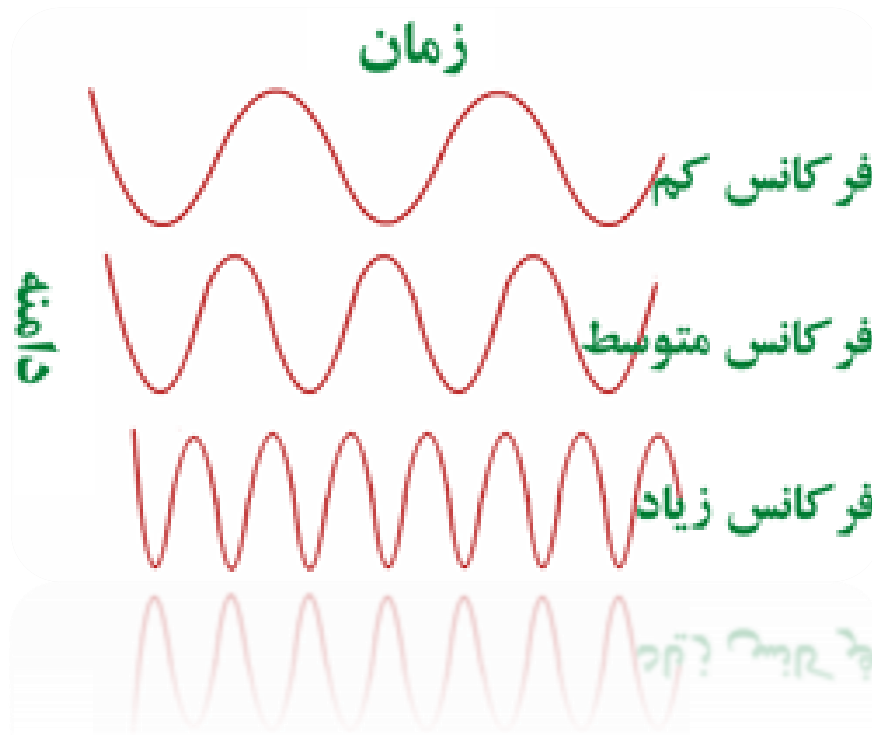


چگونه می توان ارتعاش را توصیف کرد؟

ما به وسیله نگاه کردن، حس کردن و شنیدن ارتعاشات ماشین میتوانیم به طور کلی و تقریبی در رابطه با شدت ارتعاشات تصمیم گیری کنیم و شدت آن را حدس بزنیم. ممکن است که بعضی از فرمه ای خاص ارتعاشی شدید و خشن، بعضی از آن ها قابل ملاحظه و بعضی دیگر ناچیز و جزئی باشند. همچنین، می توان یاتاقان را لمس کرده و گرمای ناشی از ارتعاش را احساس کرد، یا سروصدای آن را بشنویم و نتیجه بگیریم که اشکالی وجود دارد. توصیف ارتعاشات ماشین به وسیله چیزهای کلی گفته شده غیر دقیق است و بستگی به شخص دارد. چیزی که به این روش حس میشود ممکن است به نظر یک شخص شدید و به نظر شخص دیگر قابل قبول باشد. این تشخیص های غیرقابل اطمینان هستند. غیردقیق معمولاً برای آنالیز قابل قبول و مطمئن مشکلات ارتعاشی ضروری است که ارتعاشات را به یک روش ثابت و قابل اطمینان آنالیز کنیم. برای آنالیز ارتعاشات به طور باید این آنالیزها براساس معیارهای دقیق عددی استوار باشد دقیق و مؤثر اصولاً نه بر توصیفات سطحی.

دونوع از معیارهای عددی مهم نشان دهنده ارتعاشات ماشین دامنه و فرکانس هستند .

دامنه شدت ارتعاش و فرکانس آهنگ نوسانات ارتعاش را توصیف می کند .دامنه و فرکانس در کنار هم وسیله ای را فراهم می کنند که میتوان با آن دلایل ارتعاشات را ریشه یابی کرد.



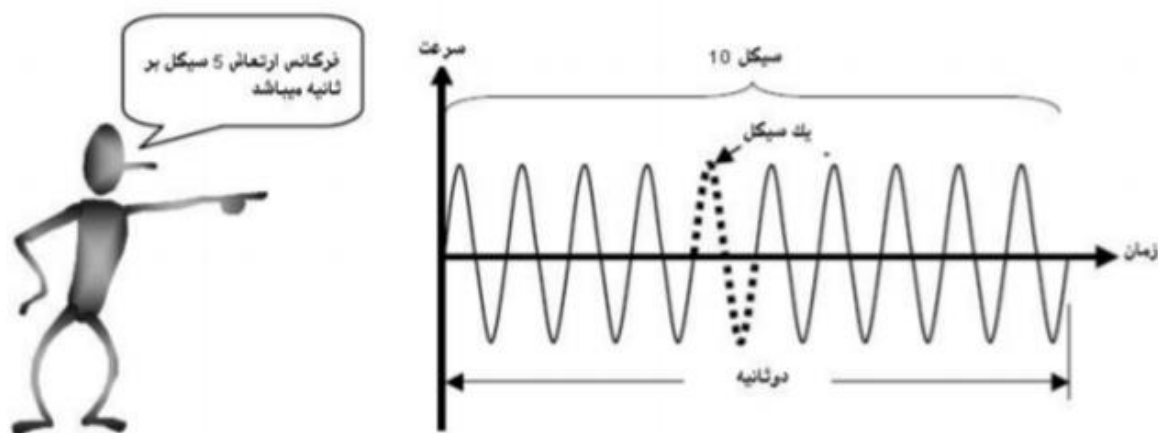
دامنه چیست؟

دامنه یک ارتعاش نشان دهنده بزرگی مقدار آن ارتعاش است. یک ماشین با دامنه ارتعاشی زیاد ماشینی است که در حال تحمل یک حرکت ارتعاشی بزرگ، سریع، یا پر قدرت است. دامنه بزرگتر به معنای تحمل حرکت بیشتر یا پرتنشتر است که این ماشین برای خراب شدن مستعدتر است.

فرکانس چیست؟

اجزای مرتعش ماشین نوسان می کنند که این حرکت نوسانی در سیکل هایی تکرار می شود. اجزای ماشین ممکن است سریع یا کند نوسان کنند و این بستگی به نیروی ایجاد کننده آن دارد. نرخ سرعت نوسان هر یک از اجزای

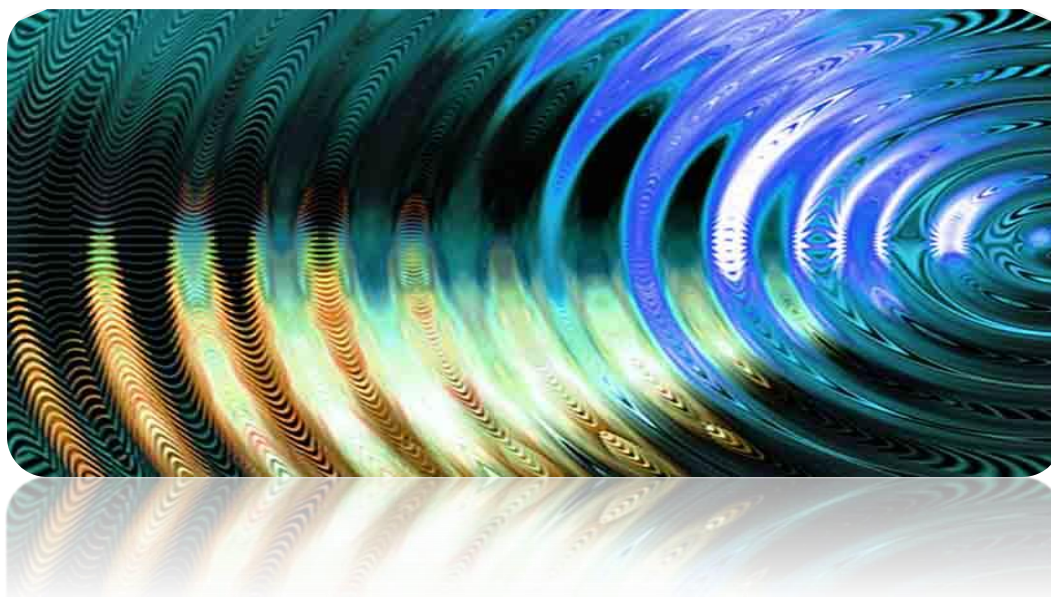
ماشین فرکانس نوسانی آن جزء خوانده می شود. فرکانس ارتعاش بالاتر نشان دهنده نوسان سریع تر است. فرکانس ارتعاشی اجزای ماشین به وسیله شمردن تعداد سیکل های کامل نوسانی در یک ثانیه تعریف می شود. مثال به جزئی از ماشین که پنج سیکل ارتعاشی کامل را در یک ثانیه انجام می دهد گفته می شود که با فرکانس پنج سیکل بر ثانیه ارتعاش داشته است. همان طور که در زیر نشان داده شده است، یک سیکل از یک سیگنال به طور ساده یکی از توالی های کامل از کوتاه ترین الگویی است که سیگنال را توصیف می کند.



درست مانند آهنگ ضربان قلب یا فرکانس آن که نشان دهنده هیجان زده بودن انسان یا به طور کلی وضعیت سلامت انسان است، آهنگ ارتعاش یا فرکانس اجزای ماشین نیز اغلب راهی مناسب برای نشان دادن وضعیت ماشین است. فرکانس نیز مانند دامنه با یک واحد نشان داده میشود. واحد معمول برای فرکانس سیکل بر دقیقه cpm یا cps است. هرگز واحدی است معادل سیکل بر ثانیه که یک هرتز معادل است با یک cps یا 60 cpm

	دستورالعمل درس ارتعاش در آزمایشگاه عوامل فیزیکی محیط کار	تهیه کننده : دانشگاه علوم پزشکی بم - دانشکده بهداشت گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار
اندازه گیری تمرینی ارتعاش در محیط های کاری ترجیحا صنایع		تاریخ بازنگری: تیرماه 1401

انواع ارتعاش:



ارتعاش به همه بدن و اثرات آن :



ارتعاش به همه بدن در وسائل ترابری ، زمینی ، ساختمان ها و محیط کار وجود دارد . ارتعاش به همه بدن در گستره 1-20 هرتز برای شاغلان به عنوان یک عامل زیان آور به شمار می آید . اثرات فیزیولوژیکی و روانی ارتعاش های مکانیکی بر انسان ، در اثر به نوسان در آمدن اجباری اندام ها و بافت های بدن ، به وجود می آید و سبب بر هم زدن کار طبیعی بدن می گردد. کالبد انسان همانند یک دستگاه ارتعاشی پیچیده است که در برخی بسامد ها به حال تشدید در می آید . بیماری حرکت ، دریا گرفتگی ، بیماری خودرو نمونه ای از بیماری های ناشی از این گونه ارتعاشات است.

ارتعاش دست و بازو و اثرات آن :



انواع ابزار الکتریکی و بادی (هوای فشرده) دستی ، که به وسیله کارگران صنایع ساختمانی ، معدنی ، سنگبری و استفاده می شود ، نیروی ارتعاشی زیادی را تولید می کند . این انرژی به هنگام کار به دست ها و بازوهای کارگر منتقل می شود . استفاده روز افزون ابزار یاد شده سبب بروز ناراحتی هایی چون آسیب بافت های نرم ، کاهش کلسیم و استئو ارتریت مفصل های دست و بازو و سرانجام آسیب های عروقی می گردد.سپید انگشت شایعترین عارضه ناشی از این گونه ارتعاش است.

به طور کلی تمام وسایل ماشینی که در صنعت ، کشاورزی و حمل و نقل بکار می روند انسان را در معرض ارتعاش قرار می دهند، ارتعاشات ایجاد شده می توانند مختل آسایش و راحتی و موجب تقلیل کار موثر شوند و روی سلامتی و ایمنی افراد اثر بگذارند. و همچنین از عوامل مشترکی که در صنعت تولید سروصدا می کنند همین ماشین های مرتعش می باشند.

اهداف اندازه گیری ارتعاش :

الف) عیب یابی و بازرسی فنی ماشین آلات

ب) کنترل ارتعاش

ج) تعیین میزان مواجهه کارگر

بررسی ارتعاش دستگاهی در پالایشگاه تهران :



هدف:

صدا و لرزش حاصل از ارتعاش ماشین میتواند باعث ایجاد خطرات شغلی و ناراحتی در انسان شود. نتیجه ناراحتی انسان در محیط کار این است که کارگران احساس خوبی ندارند و در نتیجه بهره وری آنها پایین می آید. در این ارتباط، مطالعه حاضر با هدف بررسی میزان ارتعاش در پالایشگاه تهران انجام شد.

با توجه به بررسی های انجام شده در پالایشگاه تهران ، ارتعاش ناشی از دستگاه در کارگاه تعمیرات وجود دارد . در این کارگاه نزدیک به 20 دستگاه تراش و چندین دستگاه فرز ، دستگاه پرس ، دستگاه سنگ سنباده که همگی به نحوی تولید ارتعاش می کنند وجود دارد .

برای اندازه گیری ارتعاش وقتی که دستگاه روشن بود و کارگر مشغول انجام کار بود با استفاده از دستگاه ارتعاش سنج Vibrometer ساخت شرکت K & B مدل 2513 ارتعاش دستگاهی را اندازه گرفتیم .

روش اندازه گیری : قبل از اندازه گیری باید دستگاه کالیبره شده باشد که این کار طبق روش گفته شده در قبل انجام شد . باتری دستگاه نیز باید چک شود .

برای اندازه گیری ابتدا کلید ON/off دستگاه ارتعاش سنج را فشار داده تا دستگاه روشن شود . بعد سنسور آهنربایی دستگاه ارتعاش سنج را بر روی بدنه ماشین تراش قرار دادیم و کلید شتاب (Acc) را در وضعیت پایین قرار دادیم و کلید rms را انتخاب کرده و آنرا در وضعیت Max و s1 قرائت کردیم . ضمناً اگر میزان شتاب نشان داده شده توسط دستگاه ارتعاش سنج بالاتر از رنج اندازه گیری بوده و Overload شود باید رنج اندازه گیری در کلید Acc را در حالت بالایی قرار داد .

سپس اعداد قرائت شده در هر دستگاه را قرائت کرده و در جدول ثبت کردیم . و در نهایت برای ارزیابی میزان ارتعاش دستگاه ها آنرا با مقدار استاندارد ISO برای ارتعاش دستگاهی که بر اساس توان موتور دستگاه می باشد مورد مقایسه قرار دادیم که در جدول آمده است .

استاندارد ارتعاش دستگاه :

موسسه ISO برای شتاب ارتعاش دستگاه ها با توجه به توان موتور دستگاه، حدود مجازی ارائه نموده است. اگر شتاب ارتعاش دستگاه بیش از این حد مجاز باشد دستگاه از نظر ارتعاش بالانس نبوده و باید اقدامات کنترلی جهت کاهش ارتعاش صورت پذیرد و در واقع هدف از اندازه گیری ارتعاش صنعتی عیب یابی دستگاه است.

توان موتور دستگاه بر حسب kw	حد مجاز شتاب ارتعاشی
کمتر از 15	8/1
15-75	8/2

جدول : حدود مجاز شتاب ارتعاش دستگاه با توجه به توان موتور دستگاه ها طبق استاندارد ISO

دستگاه مورد اندازه گیری	شتاب		توان دستگاه	حد مجاز شتاب (m/s ²)	ارزیابی
	RMS				
	1S	MAX			
دستگاه تراش (شماره 1)	5/3	5	9/7	1/8	بالاتر از حد مجاز
دستگاه تراش (شماره 2)	2/5	2	9/7	1/8	بالاتر از حد مجاز
دستگاه تراش (شماره 3)	5/3	3	5/16	2/8	بالاتر از حد مجاز
دستگاه فرز	5/3	6	20	8/2	بالاتر از حد مجاز
دستگاه فرز	5/3	4	12	1/8	بالاتر از حد مجاز

جدول : نتایج حاصل از اندازه گیری شتاب ارتعاش دستگاه ها در پالایشگاه تهران

برطبق استاندارد ISO در ارتعاش دستگاهی باید شتاب RMS را در نظر بگیریم و بهتر است که از شتاب یک ثانیه که دقیق تر می باشد استفاده نمائیم. لذا در ارزیابی شتاب s_{RMS} لحاظ گردیده است. در دستگاه هایی که با چندین موتور مشغول بکار هستند باید توان قدرت بزرگترین موتور مورد ارزیابی قرار بگیرد .

نتایج اندازه گیری : با توجه به استاندارد ارائه شده ارتعاش دستگاه های مورد ارزیابی بالاتر از حد استاندارد می باشد و این ارتعاشات باید هم از نظر خطرات سلامتی برای کارگران و هم خطرات ساختمانی کارگاه و نیز فرسودگی بدنه دستگاه ها مورد توجه قرار بگیرد. در بخش کنترل ارتعاش این موضوع مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

اهداف کنترل ارتعاش :

1. حفاظت دستگاه ها و بناها از تخریب و استهلاک ناشی از ارتعاش.

2. حفاظت افراد در برابر صدمات ناشی از ارتعاش.

3. کنترل صدا ناشی از ارتعاش.

اصول پیشگیری از اثرات ارتعاش :

1- کنترل ارتعاش در موقع طراحی و ساخت دستگاه ها.

2- کنترل ارتعاش به روش فنی در منبع تولید.

3- نصب میراکننده در محل های تماس با بدن روی دستگاه.

4- کنترل دستگاه ها از راه دور.

5- اقدامات مدیریتی نظیر کاهش مواجهه، گردشی نمودن شغل و تغییر شغل.

6- استفاده از وسایل حفاظت فردی نظیر کفش، دستکش، زیرپایی ضد ارتعاش.

7- اقدامات پزشکی نظیر ارزیابی سلامت کارگر در معاینات قبل از استخدام، پایش سلامت در معاینات دوره ای و تشخیص زودرس عوارض.

کنترل ارتعاش در مرحله طراحی و ساخت :

ارتعاش دستگاه های صنعتی به دو دلیل تولید می گردد . اول، ارتعاشی که بدلیل ماهیت کار بوده و جزئی از کارآیی دستگاه است مانند ارتعاش یک دستگاه میکسر (مخلوط کن) که برای عمل مخلوط کردن مواد می بایستی محیط مرتعش باشد. دوم، ارتعاشی که بدلیل اتلاف انرژی مکانیکی ایجاد می گردد. این نوع ارتعاش همانند صدا و گرما راهی برای اتلاف انرژی دستگاه هایی است که بازدهی کافی ندارند.

برای هر دو گروه بایستی کارخانجات سازنده با الگوهای فنی تدابیری بیاندیشند که ارتعاش تولیدی آنها کمتر باشد. اگر چه سازندگان خود به این نکته واقفند که این گونه دستگاه ها مقبولیت کمتر و عمر کوتاه تری دارند، ولی در بسیاری از موارد در کنترل فنی موفقیت چندانی ندارند. مناسب ترین راه این است که شرکت های سازنده خود اقدام به رفع معایب و کنترل ارتعاش نمایند. از نظر تجارتي، در معرفی دستگاه ها عاملی به نام ضدارتعاش بودن وسیله نیز مدنظر قرار می گیرد.

کنترل ارتعاش در منبع :

یکی از معمول ترین و موثرترین روش های کنترل ارتعاش می باشد. یکی از بیشترین منابع معمول در ارتعاش مکانیکی در ماشین های گردنده ، عدم توازن می باشد . عدم موازنه ممکن است به علت افزایش تعداد منابع باشد ، اما راه حل آن به سادگی با بالانس کردن قسمت های گردنده انجام می شود که غالباً این امر به سادگی با کاهش دینامیکی در دامنه ارتعاش صورت می گیرد. گاهی می توان با سفت کردن لبه های تکیه گاه ، فرکانس های طبیعی سیستم را تغییر داده و از ایجاد تشدید ناخواسته جلوگیری کرد .

نصب میراکننده در محل های تماس با بدن بر روی دستگاه :

قرار دادن یک ماده میراکننده بین بدنه خارجی دستگاه و دست کاربر ، روش موثر و متداول برای کاهش سطح ارتعاشات ابزاردستی است . در این روش میرایی به دو شکل قرار دادن ماده میراکننده بین بدنه ابزار و دسته آن و پوشش ابزار با لاستیک تأمین می شود .

کنترل دستگاه از راه دور :

این روش بی‌شک موثرترین روش حذف انتقال ارتعاش‌های حاصل از ابزارها به بدن است. این روش در عین حال گران‌ترین روش است. برای بسیاری از دستگاه‌های مرتعش‌صنعتی و معادن می‌توان از این روش برای هدایت دستگاه‌ها استفاده نمود. این روش می‌تواند با استفاده از سیم برای دستگاه‌های ثابت و هدایت بوسیله بی‌سیم برای وسایل متحرک طراحی شود.

کاهش زمان اثرگذاری :

در صورتی که روش‌های دیگر قابل اجرا نباشند یا موثر عمل ننماید. کاهش زمان مواجهه روزانه تنها راه حل می‌باشد. این امر از طریق اتخاذ روش‌های مدیریتی از جمله چرخش شغلی و در نظر گرفتن زمان‌های استراحت عملی می‌باشد.

استفاده از وسایل حفاظت فردی :



استفاده از لوازم حفاظت فردی نظیر کفش و دستکش ضدارتعاش می‌تواند به همراه سایر روش‌ها اهمیت داشته باشد. برخلاف محدودیت‌های استفاده از لوازم حفاظت فردی در مقابل سایر عوامل مخاطره‌زا از این روش می‌توان در کنترل ارتعاش، بدون مقاومت کارگر یا ایجاد عوارض و حتی بدون محدودیت در انجام کار استفاده نمود.

پیشنهادهات :

1- ارتعاشات ایجاد شده در تجهیزات و ماشین آلات اغلب ناشی از باز شدن پیچ ، مهره ها و اتصالات آنها می باشد ، در این گونه موارد با تعمیر و نگهداری و یا تعویض قطعات فرسوده می توان ارتعاشات را تا حدودی کاهش داد .

2- تجهیزاتی را که تولید ارتعاش می کنند باید بر روی پایه های سخت و محکم نصب گردند .

3- ماشین آلاتی را که ارتعاش زا هستند ، کف آنها باید ایزوله شود . در این مورد باید از جاذبه های ارتعاش استفاده شود .

4- ماشینهای سنگین که ارتعاشات آنها را نمی توان ایزوله کرد بایستی ادوات را بدون آنکه با قسمتهای دیگر ساختمان و دیواره های کارگاه در ارتباط باشند ، بوسیله قطعاتی جداگانه و پایه های مخصوصی به زمین نصب کرد .

5- از نکات مهم در ارتعاش ، بستن محکم صفحات و قطعات و روغنکاری و بازرسی مرتب از ماشین آلات می باشد .

6- یک راه دیگر استفاده از عایق های ارتعاش مثل ایزولاتورهای صفحه ای است که یکی از ساده ترین و پرمصرف ترین عایق های ارتعاش می باشد . شکل عمومی این ایزولاتورها صفحه ای و از جنس لاستیک طبیعی ، لاستیک مصنوعی ، چوب پنبه ، الیاف مختلف ، نمد و پشم شیشه می باشد . استفاده از این ایزولاتورها به جهت زیر است :

الف - به راحتی می توانند در زیر دستگاه ها نصب گردند و حتی می توان کف کارگاه ها را در صورت نیاز با آن مفروش کرد .

ب - به شکل صفحات با ضخامت دلخواه می تواند مورد استفاده واقع شود .

ج - می توان برای دستیابی به دامنه جابجایی استاتیکی بیشتر از چند لایه آنها استفاده کرد .

7- برای میرا کردن ارتعاش ابزارهای دستی نیز باید از موارد زیر استفاده کرد :

الف - قراردادن مواد میراکننده ارتعاش بین بدنه ابزار و دسته آن

ب - پوشش دادن ابزار با لاستیک

ج - استفاده از دستکش های عایق ارتعاش (از جمله دستکش لاستیکی) برای گرفتن ابزار



	دستورالعمل درس ارتعاش در آزمایشگاه عوامل فیزیکی محیط کار	تهیه کننده : دانشگاه علوم پزشکی بم - دانشکده بهداشت گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار
آشنایی عملی با انواع مواد میرا کننده ارتعاش و ایزولاتورها در آزمایشگاه		تاریخ بازنگری: تیرماه 1401

اصول کنترل ارتعاش



تولید ارتعاش در سامانه های مکانیکی، جز در مواردی که ارتعاش جزء ماهیت کار آن می باشد، نشانگر ضعف فناوری است. این پدیده یکی از راه های اتلاف انرژی به حساب می آید. کنترل ارتعاش می تواند منجر به کنترل صدا گردد زیرا در سیستم که صدا تولید می گردد، ارتعاش نیز وجود دارد، بعلاوه کنترل ارتعاش می تواند از استهلاک اضافی سامانه های مکانیکی جلوگیری نماید. همواره باید توجه داشت که کنترل صدا و ارتعاش از طراحی سیستم یا فرآیند شروع میشود. گروه های طراحی صنعت، لازم است که یک بخش مهم کار خود را به کنترل

عوامل مخرب در فرآیند اختصاص دهند. هدف عالی در کنترل صدا و ارتعاش، حفظ سلامت نیروی کار است. اصول کلی کنترل ارتعاش شامل کنترل مدیریتی مانند: (آموزش، کاهش مواجهه، گردشی نمودن شغل) کنترل فنی و حفاظت فردی می باشد. کنترل فنی خود شامل: کنترل در منبع تولید، نصب میراننده روی دستگاه ها یا در محل های تماس با بدن کارگر است. استفاده از وسایل حفاظت فردی نظیر کفش، دستکش، زیر پایی ضد ارتعاش نیز توصیه میشود. اقدامات پزشکی نظیر ارزیابی سلامت کارگر در معاینات قبل از استخدام، پایش سلامت در معاینات دوره‌ای و تشخیص زودرس عوارض می توانند نقش مهمی در کاهش صدمات ناشی از ارتعاش باشد. کنترل های فنی شامل موارد زیر است:

کنترل ارتعاش

در مرحله طراحی و ساخت ارتعاش دستگاه های صنعتی به دو دلیل تولید می گردد: اول، ارتعاشی که به دلیل ماهیت کار بوده و جزئی از کارایی دستگاه است، مانند ارتعاش یک دستگاه میکسر مخلوط کن که برای عمل مخلوط نمودن مواد بایستی محیط مرتعش باشد. دوم، ارتعاشی که به دلیل اتلاف انرژی مکانیکی ایجاد می گردد. این نوع ارتعاش همانند صدا و گرما راهی برای اتلاف انرژی دستگاه هایی است که بازدهی کافی ندارند. برای هر دو گروه بایستی کارخانجات سازنده با الگوهای فنی تدابیری بیندیشند کته ارتعاش تولیدی آنها کمتر باشد. اگرچه سازندگان خود به این نکته واقف اند که این گونه دستگاه ها مقبولیت کمتر و عمر کوتاه تری دارند، ولی در بسیاری از موارد در کنترل فنی موفقیت چندانی ندارند. مناسب ترین راه این است که شرکت های سازنده خود اقدام به رفع معایب و کنترل ارتعاش نمایند. از نظر تجارتي، در معرفی دستگاه ها عاملی بنام ضد ارتعاش وسیله نیز مد نظر قرار می بودن گیرد.

کنترل ارتعاش در مرحله نصب و بهره برداری

با استفاده از مشخصه های ذاتی سیستم ارتعاشی و روشه ای متناسب می توان تا حدود زیادی ارتعاش را کنترل نمود. اصولا برای کنترل ارتعاش از سه مشخصه جرم به همراه فنریت برای (فرکانس های پایین) و میرایی برای

(فرکانس های بالا) به صورت زوج یا ترکیبی استفاده می گردد. به کارگیری این اجزا در درون دستگاه یا در محل نصب میسر می باشد. تمام مواد یا سامانه هایی که برای کنترل ارتعاش بکار می روند تحت نام کلی عایق های نام گذاری می شوند. مهمترین این عایق ها و تکنیک های کنترل ارتعاش شامل ارتعاشی موارد زیر است.

- 1- بالشتک های هوا برای فرکانس های پایین 3 هرتز و کمتر
- 2- کمک فنرها (ایزوالتورهای روغنی و گازی) برای شوک های ارتعاشی
- 3- فنرهای فلزی (تسمه ای یا حلقوی) برای فرکانس های 2-7 هرتز
- 4- پایه ها و قطعات لاستیکی برای فرکانس های 5-40 هرتز
- 5- عایق های صفحه ای (لاستیکی، چوب پنبه، نمد) برای فرکانس های وسیع 5-70 هرتز
- 6- اتصالات قابل ارتجاع برای جلوگیری از انتقال ارتعاش بین بخش های مکانیکی
- 7- کنترل از راه دور دستگاه ها
- 8- کنترل الکترونیک بر مبنای کنترل فعال ارتعاش

استفاده از عایق های ارتعاشی نیاز به محاسبات فنی مخصوص دارد. به طور کلی ابتدا باید خصوصیات ارتعاش دستگاه مورد نظر از دید دامنه و فرکانس غالب باید تعیین شود و مشخص گردد که میزان شتاب باید چقدر کاهش یابد تا با کمک آن میزان ایزولاسیون ارتعاش تعیین شود. در مرحله بعد پس از انتخاب ایزوالتور مناسب و روش استفاده از آن، محاسبات مربوط به کاهش مقادیر دامنه ارتعاش انجام می گردد. در کنترل فنی اصولاً عبور ارتعاش از تجهیزات به محیط اطراف و بدن کاربران کنترل می گردد. و نمونه هایی از عایق های ارتعاشی را نشان می دهد.

حفاظت فردی استفاده از لوازم حفاظت فردی نظیر کفش و دستکش ضد ارتعاش می تواند به همراه سایر روش ها اهمیت داشته باشد. برخلاف محدودیت های استفاده از لوازم حفاظت فردی در مقابل سایر عوامل مخاطره زا

از این روش می توان در کنترل ارتعاش، بدون مقاومت کارگر یا ایجاد عوارض و حتی بدون محدودیت در انجام کار استفاده نمود.

میراگر چیست؟؟؟

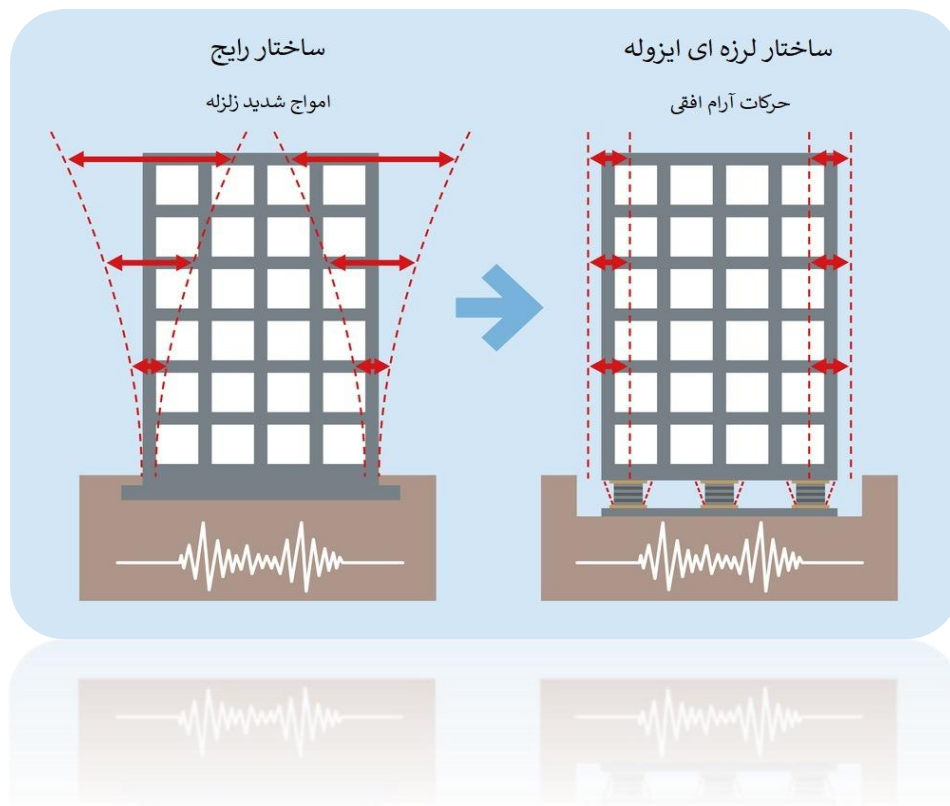


میراگر به ابزار یا وسیله‌ای گفته می‌شود که در سازه‌های موجود در مناطق لرزه خیز نصب می‌شود تا از ارتعاشات سازه در هنگام زلزله بکاهد و در نتیجه خسارات جانی و مالی کاهش پیدا کند. به طور کلی میراگر برای نصب در سازه‌های بلند مانند برج‌ها، پل‌ها در مناطق زلزله خیز و بادخیز، در ساختمان‌های استراتژیک و ... تناسب دارند.

وظایف میراگر چیست؟

همانطور که از نام این ابزار مدرن ساختمانی بر می‌آید، میراگر باعث میرایی نیروهای جانبی وارده شده به سازه می‌شود. بیشتر نیروهای جانبی وارد شده به ساختمان در اثر زلزله و بد و طوفان‌های شدید است. با کاهش یا مردن نیروی وارد شده به سازه در هنگام ورود آن، خسارات وارد به دلیل ارتعاش کمتر ساختمان، بسیار کاهش پیدا خواهد کرد. با توجه به توضیحات ارائه شده، میراگر در زمان عدم وجود نیروهای جانبی، غیرفعال است و به محض وارد شدن نیرو، فعال شده و وارد عمل می‌شود. عملکرد میراگر به شرح زیر است.

- میراگر باعث می‌شود جابجایی مکان طبقات و مکان‌ها (drift) در هنگام ورود نیروی جانبی کاهش پیدا کند.
- میراگر باعث می‌شود در هنگام ورود نیرو به سازه شتاب وارد شده به طبقات به طور قابل توجهی کاهش پیدا کند.
- با وجود میراگر، خسارات سازه‌ای و غیر سازه‌ای به شدت کاهش پیدا می‌کند.
- با اجرای میراگر در سازه، به دلیل استفاده از سطح مقطع با ظرفیت کمتر، کاهش می‌یابد.
- با اجرای میراگر از مشکلات معماری در طراحی ساختمان‌ها کاسته می‌شود.
- با نصب میراگر در سازه، اخلاص در سرویس دهی سازه به حداقل خواهد رسید.
- در نهایت با اجرای میراگر مناسب، تغییر شکل‌های مخرب در اجزای سازه‌ای و غیر سازه‌ای کاهش پیدا می‌کند.



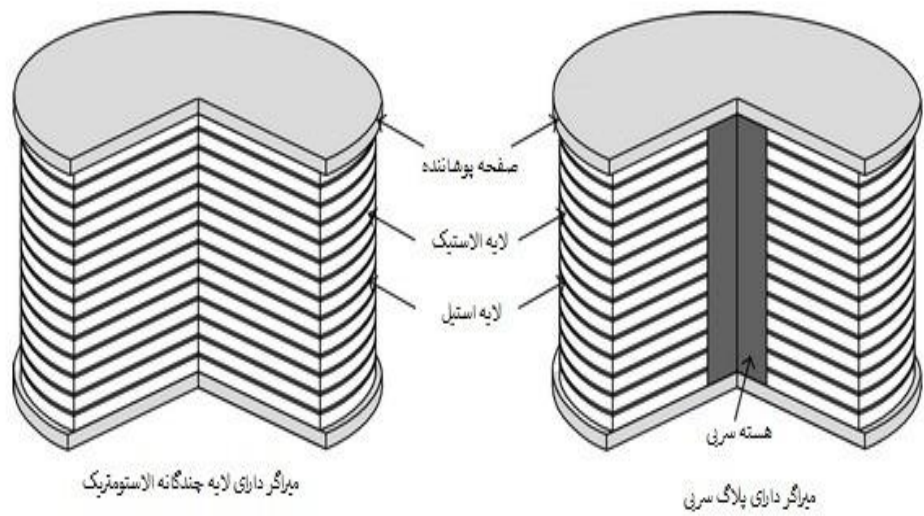
انواع میرایی کدام است؟

میرایی به انواع میرایی ویسکوزیته یا لختی داخلی، خارجی، اصطکاکی، هیستریزیس و تشعشی تقسیم می‌شود که همگی از میرایی‌های ماده که در این مبحث، ساختمان و زمین هستند به حساب می‌آیند. با نصب میراگرهای مختلف در سازه‌ها، می‌توان با نیروهای وارد شده به ساختمان مقابله کرد و از خسارات ناشی از آن پیشگیری کرد.

انواع میراگر چیست؟

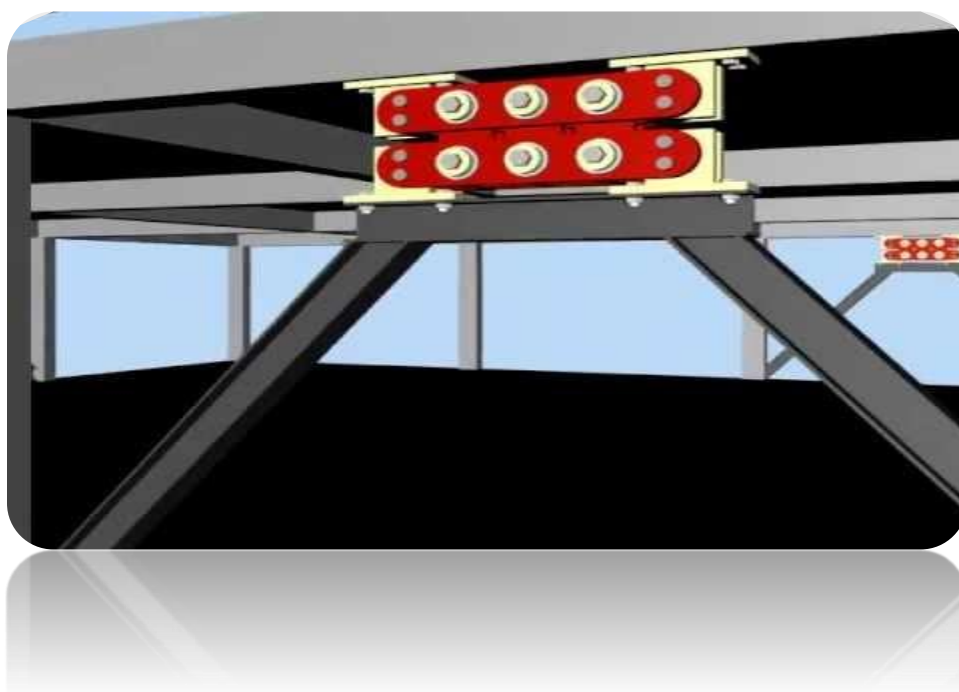
میراگر الاستومری (ED)

میراگرهای الاستومتری (Elastomeric Damper) از انواع مختلف و با مواد مختلف که خاصیت میرایی مختلفی دارند تولید و عرضه می‌شوند. این نوع میراگرها کارکردی بر اساس تغییر شکل سازه دارند و به دلیل برگشت پذیری به حالت اولیه پس از زلزله و ورود نیروهای جانبی بسیار محبوب هستند. میراگر الاستومتری در جاهایی که جداسازی ضعیف است کاربرد خوبی دارد و در انواع میراگر بالشتک محفظه‌ای، بالشتک لغزشی، بالشتک ویژه سازه‌ای، بالشتک لغزشی گهواره‌ای (Rocker)، نئوپرن) بالشتک و تکیه‌گاه الاستومتری (Reinforced Elastomeric Bearing)) و بالشتک کروی (spherical bearings) وجود دارد.



میراگر اصطکاکی (FD)

این نوع میراگر از انواع اتصالات رایج برای استهلاک انرژی هستند. میراگر اصطکاکی (Friction Damper) در واقع یک اتصال ساده با پیچ اصطکاک است که سوراخ‌های لوبیایی شکل و بلند دارد. عملکرد آن‌ها به این گونه است با ایجاد اصطکاک بین سطوح تماس، مانع از حرکت اتصال می‌شود؛ اما هنگامی که اتصال لغزش کند، درصدی از انرژی ورودی صرف مقابله با نیروی اصطکاک می‌شود و تولید انرژی گرمایی و حرارت می‌کند؛ به عبارت دیگر درصدی از انرژی ورودی در اتصال به وسیله آن مستهلک می‌شود. میراگرهای ویسکوز الاستیک، قطعات افزایش دهنده سختی و میرایی و میراگر جرمی تنظیم شده همگی نوعی میراگر اصطکاکی به حساب می‌آیند. از انواع میراگر اصطکاکی می‌توان به میراگر اصطکاکی پال، سومیتومو و دورانی اشاره کرد.

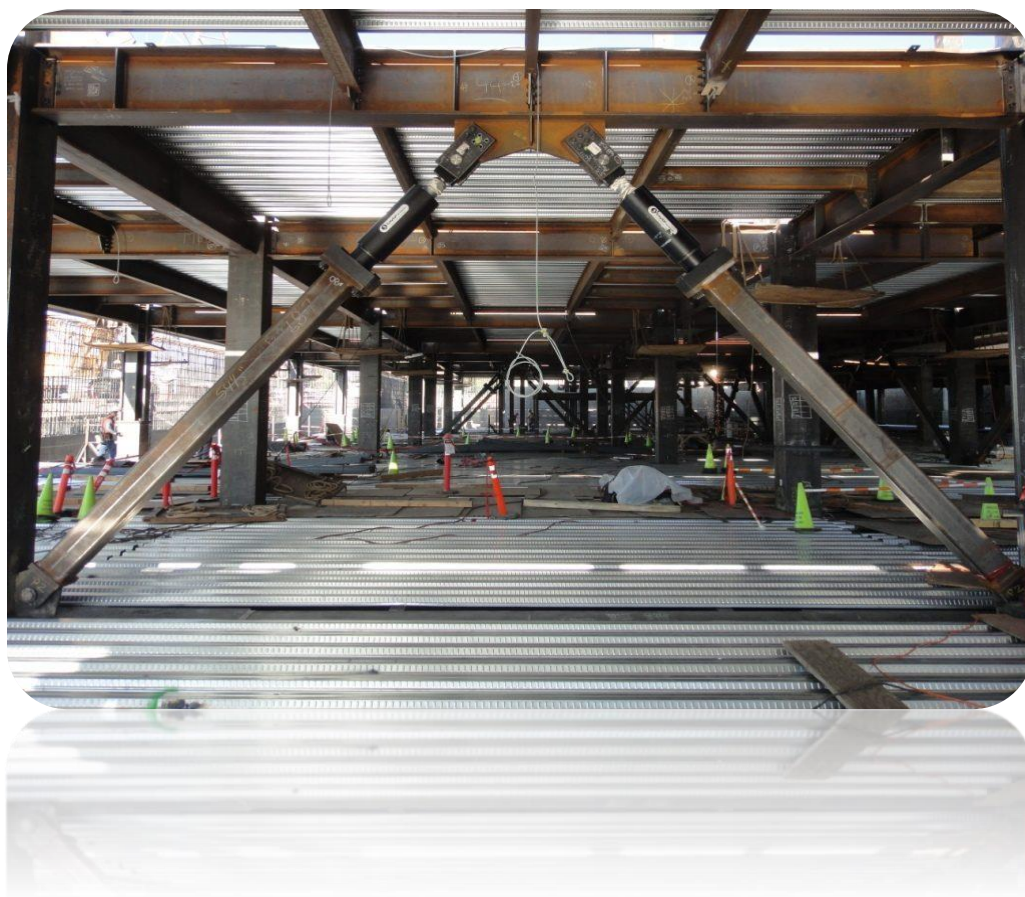




میراگر مایع ویسکوز (VFD)

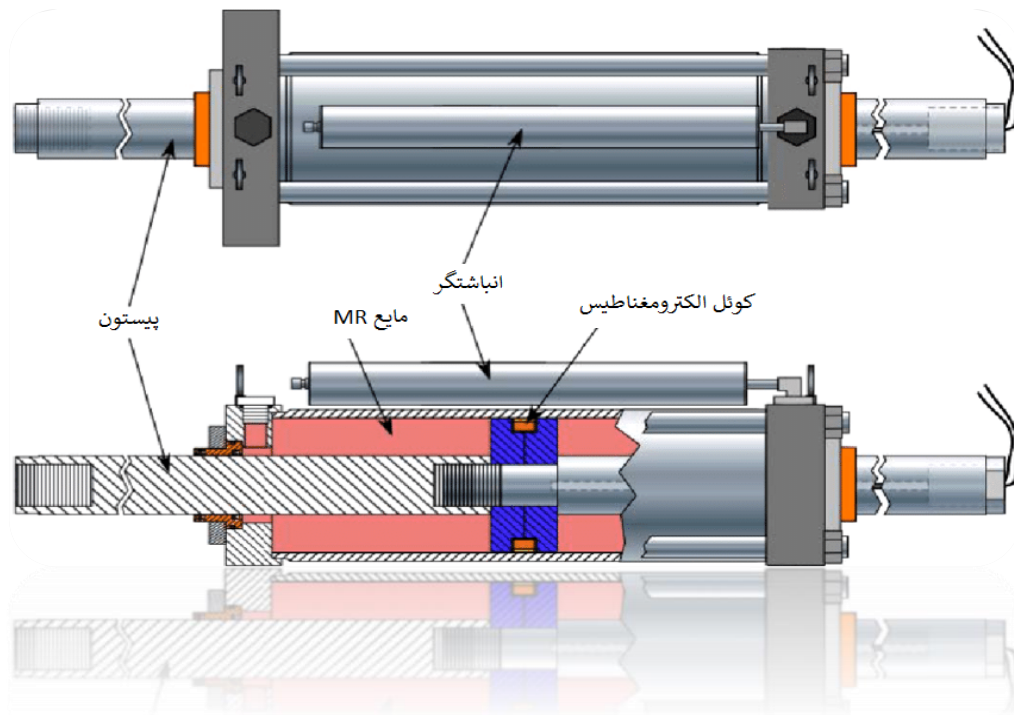
میراگر مایع ویسکوز (Viscous Fluid Damper) بسیار شبیه به جذب کننده ضربه در اتومبیل است که شامل یک استوانه پر شده با یک مایع با ویسکوزیته بالا است. پیستون در پی حرکات جانبی مانند زلزله از یک سمت به مایع فشار وارد می کند و مایع از سمت دیگر به تدریج خارج می شود. در واقع استهلاک انرژی به وسیله اصطکاک داخلی (ویسکوزیته) مایع انجام می گیرد. نیروی مقاومی که این وسیله فراهم می کند متناسب با جابجایی و سرعت نسبی دو طرف آن است. این نوع میراگر جهت انواع ارتعاشات با دامنه زیاد مانند زلزله یا کم مانند باد یا ارتعاشات در پل و سازه های بلند مناسب و کارآمد است.

این میراگر همانطور که گفته شد شامل سیلندر روغن، پیستون، میله پیستون، محفظه داخلی و سایر بخش های اصلی ستون است که در آن درواقع سیلندر مایع ویسکوز میراگر است و تمام تجهیزات آن برای نگهداری مایع طراحی شده اند. این تجهیزات هیدرولیکی جهت استهلاک انرژی جنبشی ناشی از ارتعاشات لرزه ای یا مقابله با ضربات بین سازه ها، به کار می روند. میراگرهای ویسکوز مایع تنوع زیادی دارند و در طراحی آن ها می توان واکنش نشان دادن به بار زلزله و باد و مستهلک کردن آن ها را اجرا کرد ولی در دیگر حرکات به سازه اجازه حرکت آزادانه داد.



میراگر هیستریزیس (MSD)

از میراگر هیستریزیس (Steel Hysteresis Damper) اساساً در پل‌ها استفاده می‌شوند و برای این منظور تولید شده‌اند. این میراگرها معمولاً همراه با نئوپرن‌ها و بالشتک‌های الاستومری نصب می‌شوند. از جمله مزایای میراگرها که از نوع غیرفعال هستند، می‌توان به کاهش نیروهای داخلی اعضا، کاهش تغییر شکل‌ها، تمرکز خرابی‌ها در خود سیستم و ائتلاف انرژی اشاره کرد. علاوه بر این می‌توان آن‌ها را در صورت تخریب، تعویض کرده و از آسیب‌های سازه‌ای بعدی جلوگیری به عمل آورد.



میراگر هیستریزیس مرکزگرا (MRSD)

از میراگر هیستریزیس مرکزگرا (Recentring Steel-Hysteresis-Dampers) برای استهلاک انرژی پل‌ها و ساختمان‌ها طراحی شده‌اند و می‌توانند همزمان برای افزایش ظرفیت باربری عمودی همراه با جداسازهای لغزشی، مورد استفاده قرار گیرند. در این میراگر، استهلاک و جذب انرژی توسط المان‌های فولادی که دارای هندسه خاصی هستند به جای المان‌های تغییر شکل‌های پلاستیک مانند الاستومرها و نئوپرن‌ها، انجام می‌شود.

میراگر نیمه فعال هیستریزیس

میراگر نیمه فعال هیستریزیس (Semi-active Dampers)، از جمله روش‌های کنترل رفتار دینامیکی یک سازه در اثر بارهای لرزه‌ای، باد و ... است. عملکرد این میراگر مانند میراگر مایع ویسکوز است ولی با این تفاوت که ویسکوزیته سیال داخل پیستون توسط میدان مغناطیسی الکترونیکی (Magneto-Rheological Dampers) کنترل می‌شود. با استفاده از این میراگرها امکان بهینه‌سازی تغییر مکان و نیروی ذخیره شده امکان پذیر می‌شود.



میراگرهای کابلی سازگار (Adaptive Cable Dampers)

پل‌ها از سازه‌های مهمی هستند که پس از زلزله به منظور خدمت رسانی و کمک به زلزله زدگان بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرند بنابراین باید در برابر نیروهای وارد شده به آن مقاوم باشند. اصولاً میراگر کابلی پل به منظور اتلاف انرژی ناشی از ارتعاشات ناشی از عوامل انسانی مانند ترافیک ناشی از ماشین آلات، باد و یا باران به وجود می‌آید، مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای اتلاف انرژی وارد شده به پل معمولاً از دمپرهای الاستومری، ویسکوز و اصطکاکی برای این سیستم‌ها می‌توان استفاده کرد.

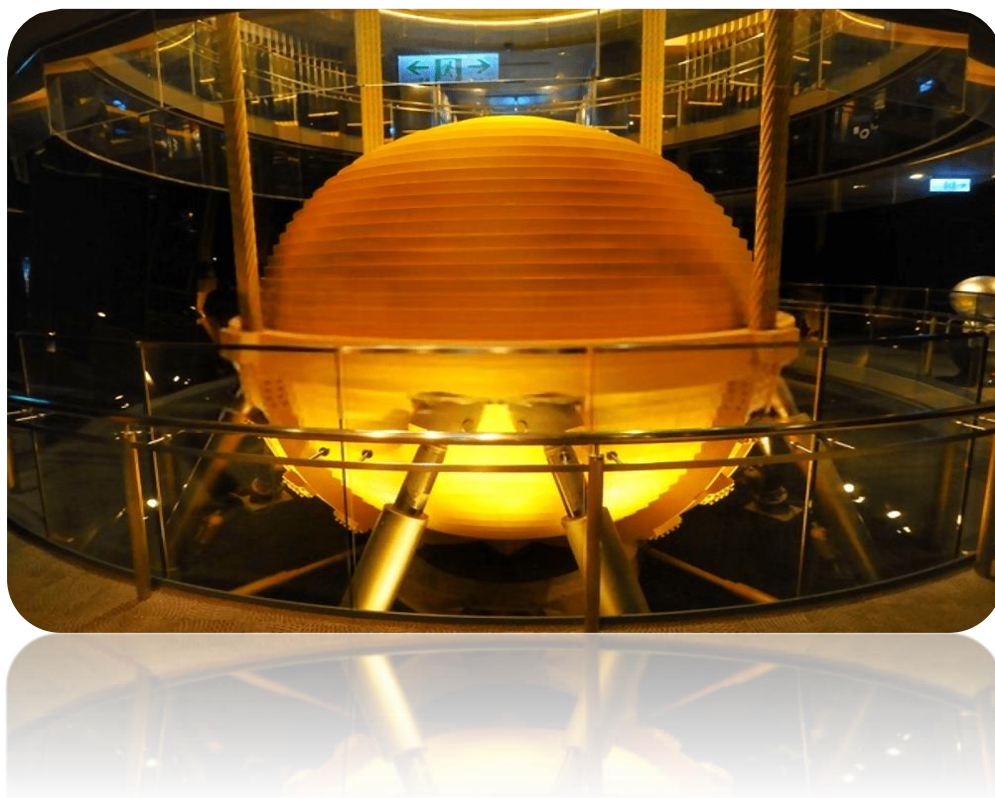


میراگر جرمی تنظیم شونده (TMD)

میراگر جرمی تنظیم شونده (tuned mass damper)، از یک فنر، جرم و میراگر ترجیحاً ویسکوز ساخته شده است که از اولین و ساده‌ترین میراگرهای موجود است. میراگر جرمی تنظیم شونده در واقع یک دستگاه نصب شده در سازه برای کاهش دامنه ارتعاشات مکانیکی است. عملکرد آن به این صورت است که فرکانس میراگر نسبت به فرکانس سازه تنظیم می‌شود و در هنگام وقوع زلزله تحریک شده و نیرویی خلاف حرکت سازه در اثر نیروی زلزله به سازه وارد می‌کند. از مهم‌ترین نکات در طراحی میراگر جرمی تنظیم شونده، تعیین میزان سختی فنر و میزان نسبت جرم دمپر به جرم سازه است. جنس جرم این سیستم از بتن، سرب یا فولاد است و به صورت مربع یا مستطیل و به صورت تک یا مجموعه به ابعاد ۵ تا ۱۰ متر ساخته و در طبقات بالایی سازه نصب می‌شود.

در میراگرهای تنظیم شونده، جرم بر روی تکیه‌گاه‌های غلتک مانند قرار می‌گیرد و می‌تواند نسبت به طبقه جابه‌جایی انجام دهد. فنرها و میراگرها بین جرم و تکیه‌گاه‌های ثابت عمودی قرار می‌گیرد، نیروی فاز مخالف میراگر را به تراز طبقه و در نتیجه به قاب سازه‌ای منتقل می‌کند. معمولاً از میراگرهای جرمی در طبقات بالایی

سازه به کار گرفته می‌شوند و در صورتی که سازه تحت اعمال بار قرار گیرد، با تعریف شتاب مشخص بسته به طراحی میراگر، به طور اتوماتیک سیستم شروع به فعالیت کرده و اثر ارتعاش نیروی زلزله را از بین می‌برد.

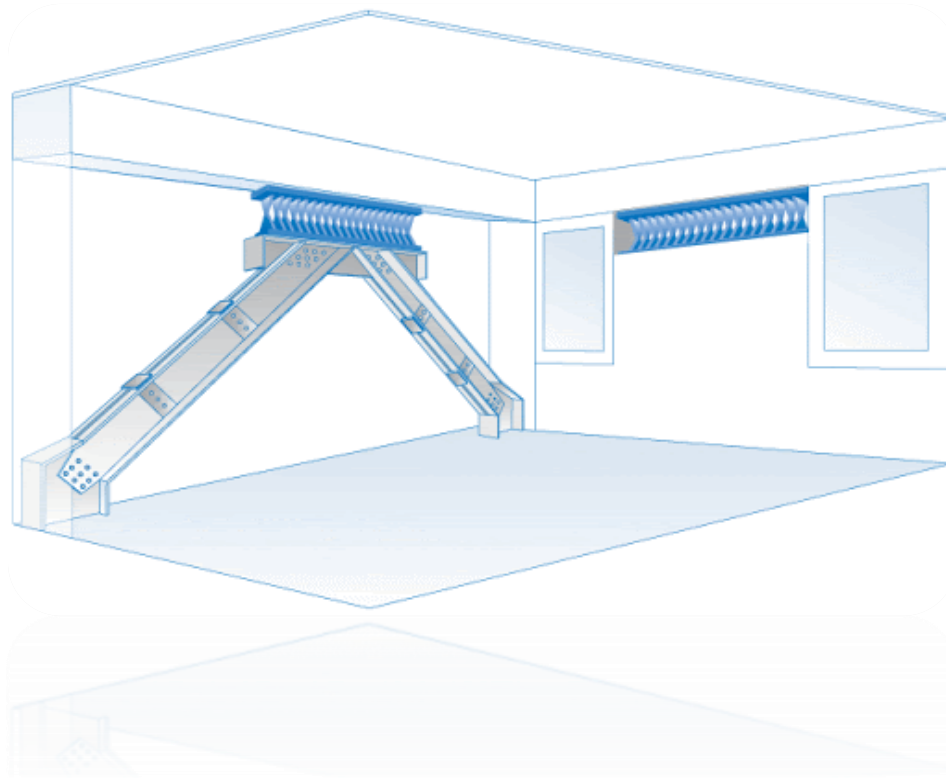


میراگرهای صفحه فولادی (ADAS)

میراگرهای صفحه فولادی (Added Damping And Stiffness) از میراگرهای فلزی غیر فعال و تسلیم شونده به حساب می‌آیند. میراگرهای صفحه فولادی در انواع ایکس شکل مثلثی تولید می‌شوند و در مهاربند سازه نصب می‌گردند. از مزایای این نوع میراگر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

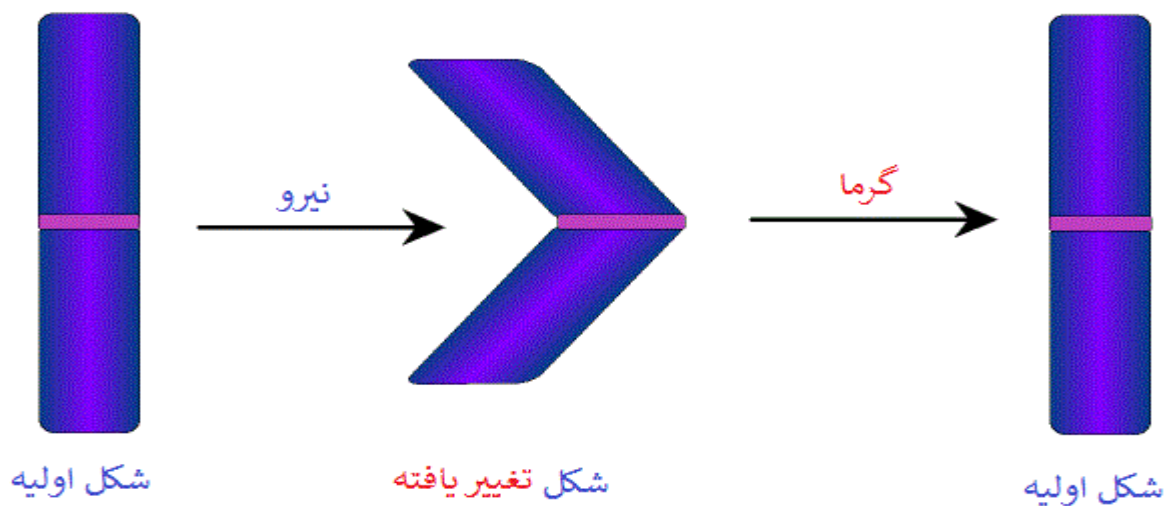
- با نصب میراگرهای صفحه فولادی 30 تا 40 درصد میرایی افزایش پیدا می‌کند و باعث کاهش در نیروهای داخلی و تغییر مکان‌های سازه می‌شود.
- این میراگر از چرخه پسماند پایدار و بدون افت سختی برخوردار است و مقاومت زیادی در بارگذاری چرخه‌ای دارد.

- میراگر صفحه فولادی برخلاف ابزارهای غیرفعال نظیر ویسکوز، ویسکوالاستیک و اصطکاک نیاز به نگهداری و بازدید ندارد و از اطمینان زیادی در بین مصرف کنندگان به دلیل سادگی مکانیسم آن، برخوردار است.
- تعویض قطعات و بازگرداندن سازه به وضعیت اولیه پس از زلزله به واسطه پیچی بودن اتصالات به سهولت انجام می‌گیرد.
- در میراگرهای صفحه فولادی، به دلیل تعدد صفحات در هر میراگر، درجات نامعینی بالایی به وجود می‌آید.
- با داشتن شیارهای لوبیایی و حرکت آزادانه پین‌ها، نیروی محوری تحت بارهای ثقیلی و سازگاری مهندسی ایجاد نمی‌شود.
- با اجرای میراگر صفحه فولادی میزان جابه‌جایی بام و طبقات را در حد چشمگیری کاهش می‌دهد.
- میراگر صفحه فولادی، با تغییر شکل‌های بزرگ و غیر ارتجاعی، مانع ایجاد نیروهای زیاد در بادبندها و اعضای سازه شده و تقاضای موجود روی سازه را کاهش می‌دهد.



میراگر آلیاژی (SMA)

میراگرهای آلیاژی (Shape Memory Alloys) در واقع میراگرهایی هستند که از آلیاژهای فلزی برگشت پذیر ساخته می‌شوند. خاصیت برگشت پذیری یا تغییر شکل الاستیک فلزات در دمای کم به کمتر از یک درصد می‌رسد ولی برخی آلیاژهای فلزی مانند مس-روی و تیتانیوم-نیکل وجود دارند که آستانه تغییر شکل الاستیک بالایی دارند که از آن‌ها به منظور ساخت میراگرهای آلیاژی استفاده می‌شود.



سخن آخر

به طور کلی بحث میراگرها و مقاوم سازی سازه در ایران مقوله تازه‌ای است و با توجه به لرزه خیز بودن ایران این بخش از مهندسی سازه از اهمیت زیادی برخوردار است. از میراگرها در ساختمان‌های بلند و سازهایی مانند پل‌ها برای خنثی کردن نیروهای جانبی و عمودی وارده به سازه استفاده‌های فراوانی می‌شود. در واقع هر میراگر که در هر سازه نصب می‌شود، مختص آن است و نمی‌توان از آن در سازه دیگری استفاده کرد.

ایزولاتور های آزمایشگاه



ایزولاتور در واقع مربوط به تکنولوژی و تجهیزات آزمایشگاهی می باشد که محیط مناسبی برای انجام آزمایشات مختلف فراهم میکند. امروزه علم پزشکی و آزمایشگاهی روز به روز در حال پیشرفت بوده و انسان در صدد است که بتواند بهترین محیط را برای بهتر شدن محصولات و دقیقتر شدن آزمایشات تامین نماید. با توجه به این که هر روزه علم پیشرفت کرده و تجهیزات آزمایشگاهی بهتر، ابزارآلات مناسب تر و مکان های آزمایشگاهی بهتر در دسترس قرار می گیرد در شرکت سیمرغ سعادت کاسپین نیز تحقیقاتی در جهت تولید ایزولاتورها صورت گرفته است. ایزولاتور بالاترین ظرفیت جهت افزایش توسعه نوآورانه را فراهم می آورد. ایزولاتور

نقش بسیار مهم و بسزایی در جهت کالبراسیون و نظافت تمیز کردن تجهیزات آزمایشگاهی و پزشکی دارد. ایزولاتور شرایط لازم را جهت کنترل هوای محیط و کاهش آلودگی را طی فرایندی از پیش تعیین شده فراهم می سازد. جهت پیاده سازی فرایندهای آزمایشگاهی و تولید مواد شیمیایی و برای به حداقل رساندن ریسک و بالاتر بردن دقت و کیفیت فرایندهای تولیدی و آزمایشگاهی استفاده از ایزولاتور اجتناب ناپذیر است

ایزولاتور شبیه اتاق های تمیز است که مطابق با اختلاف فشار محیط و داخل ایزولاتور عمل می کند. ایزولاتور همان محیط استریلیزه شده است که در آن هوا به نحوی جریان دارد که ظرفیت اتاق جهت مقابله با آلودگی به بالاترین حد خود می رسد. در واقع این اتاق ها هواساز مستقیمی در خود جای داده اند و اجازه ورود آلودگی به داخل ایزولاتور را نمی دهند.

تکنولوژی ایزولاتور به این صورت است که فشار مثبت نسبت به محیط همیشه داخل اتاق است و چنانچه ورود و خروج اجسام در اتاق انجام شود این فشار مثبت باید در ایزولاتور باقی بماند تا هیچگونه آلودگی از محیط وارد آن نشود. بنابراین جهت پیاده سازی ایزولاتور حتما باید سد هوا داخل ایزولاتور قرار گیرد.

کاربردهای محیط خلاء آزمایشگاهی را نام ببرید؟

شبیه سازی محیط خلاء برای انواع مجموعه ها و سامانه ها بالاخص مجموعه های فضایی
شبیه سازی محیط حرارتی برای انواع مجموعه ها و سامانه ها در زمینه مهندسی متالوژی و مهندسی شیمی
اعمال بارهای سیکلی حرارتی برای انواع مجموعه ها و سامانه ها

دستگاه های آزمایشگاهی را توضیح دهید؟ و انواع آن را نام ببرید؟

دستگاه های آزمایشگاهی دارای دو نوع عمومی و تخصصی هستند که هر کدام به نوبه خود دارای اهمیت و جایگاه ویژه ای در پیشبرد علم و صنعت دارند. دستگاه های عمومی آزمایشگاهی وسایلی هستند که در اکثر آزمایشگاه ها بکار برده میشوند. اما دستگاههای آزمایشی تخصصی فقط برای عملیات آزمایشی خاص و در زمینه ای خاص بکار برده میشود. حتی بعضی از وسایل تخصصی آزمایشگاهی فقط برای زمان مشخصی بکار برده میشوند و بعد از آن قابل استفاده نیستند. در این میان ایزولاتور یک وسیله بین رشته ای است که برای هر نوع فرایندی که احتیاج

به محیطی بدون آلودگی دارد بکار برده میشود. در رشته شیمی برای تولید مواد شیمیایی که شاید مضر و برای انسان خطرناک هم باشند، در رشته زیست شناسی، میکروبیولوژی و داروسازی کاربردهای فراوانی دارند.

دستگاه های عمومی عبارتند از دستگاه هایی مانند آون، انکوباتور، هود آزمایشگاهی، سانتریفیوژ، هیتر، PH متر، همزن مغناطیسی که اکثر آن ها در آزمایشگاه های غیرمهندسی کاربرد دارند.

برای پیشرفت علم و تکنولوژی در اکثر آزمایشگاه ها از وسایلی مثل هود آزمایشگاهی، انکوباتور، ایزولاتور و گلاوباکس استفاده میکنند و انتخاب این وسایل بستگی به دقت مورد نیاز کاربر و حساسیت آزمایش دارد. از طرفی دیگر میزان سمی و مضر بودن مواد بکار رفته در عملیات بر این امر دخیل هستند. اگر در فرایند آزمایش گاز یا پودری تولید شود که برای محیط زیست مضر باشد حتما باید از ایزولاتور استفاده شود تا علاوه بر اینکه از سلامتی کاربر محافظت میکند برای ممانعت ورود گاز و غبار به هوای آزاد بکار رود. ایزولاتور دارای سیستمی است که هوای داخل دستگاه را از فیلترهای مختلف میگذراند و بعد از آنکه پودر و گازهای سمی از فیلترها عبور داده شد به هوای آزاد راه پیدا می کنند.

با بررسی های انجام شده میتوان به این نتیجه رسید که برخی از فعالیت های آزمایشگاهی مانند فعالیت های میکروب شناسی، سنتز مواد شیمیایی و تهیه داروهای سرطانی که به شکل گیری ذراتی می پردازند که در هوا معلق هستند استفاده از ایزولاتور لازم است. این دستگاه در پرسنل آزمایشگاهی امنیت خاطر را ایجاد میکند که از راه استنشاق هوا، عوامل بیماری زا به آنها منتقل نمی شود.

در تکنولوژی ایزولاتور هم مانند انکوباتور آزمایشگاهی برای نگه داشتن محلول ها و کشت میکروب ها و یا تست های آزمایشگاهی در حرارت های خاص به کار می رود که با توجه به تجهیزاتی که به آنها افزوده می شود برای این کار مناسب می شوند.