

ارتعاشات مکانیکی

حرکت نوسانی یک متحرک را حول نقطه ایی با عنوان نقطه تعادل می توان ارتعاش نامید. در حقیقت متحرک در زمان های مساوی و متوالی (زمان تناوب) حرکت خود را عیناً تکرار می کند. جابجایی هر ذره در حرکت تناوبی را همواره می توان بر حسب سینوس و کسینوس بیان کرد. از آنجا که اصطلاح هماهنگ (هارمونیک) به عبارت هایی اطلاق می شود که شامل این توابع هستند، حرکت تناوبی را اغلب هماهنگ گویند.

- کمیت های ارتعاش:

- ۱- دوره تناوب: دوره تناوب حرکت هارمونیک عبارتست از زمان لازم برای انجام یک رفت و برگشت. یعنی یک نوسان یا چرخه کامل
- ۲- بسامد(فرکانس): عبارتست از تعداد نوسان ها در واحد زمان برحسب هرتز
- ۳- وضعیت تعادل: موضعی را که در آن، به ذره در حال نوسان هیچ نیرویی وارد نمی شود موضع تعادل می نامند.
- ۴- جابجایی (خطی یا زاویه ای): عبارتست از فاصله خطی یا زاویه ایی ذره نوسان کننده از موضع تعادل آن در هر لحظه
- ۵- معادلات حرکت نوسانی ساده: در نظر می گیریم که ذره p روی دایره ایی که شعاع آن برابر دامنه حرکت نوسانی است و آن را دایره مرجع می نامیم با سرعت ثابت v و سرعت زاویه ایی ثابت w بر حسب رادیان بر ثانیه حرکت می کند بطوری که مدت یک دور حرکت آن روی این دایره برابر زمان تناوب حرکت نوسانی باشد.
- ۶- معادله سرعت: سرعت لحظه ایی مشتق معادله حرکت است بنابراین برای بدست آوردن معادله سرعت لحظه ایی متحرک در حرکت نوسانی ساده کافی است از معادله حرکت مشتق بگیریم
- ۷- معادله شتاب: شتاب لحظه ای، مشتق معادله سرعت است
- ۸- انرژی ارتعاش: انرژی جرمی که با حرکت هارمونی ساده با دامنه A و فرکانس زاویه ایی نوسان می کند، مجموع انرژی پتانسیل و جنبشی آن می باشد.
- ۹- انرژی پتانسیل مقدار کاری است که جرم هنگام تغییر مکان از حالت تعادل برای تغییر طول فنر انجام می دهد.
- انرژی دستگاه به فرکانس و دامنه بستگی دارد. این ارتباط در بیشتر پدیده های آگوستیکی بویژه در مورد منابع تولید صوت و موج های صوتی دیده می شود.
- ۱۰- نیروی وارد بر ذره مرتعش: این نیرو در دو حد نوسان ثابت نیست
- ۱۱- حرکت هماهنگ میرا: اگر بر نوسانگر نیروی اصطکاکی وارد نمی شد، یک نوسانگر برای همیشه در حال نوسان بود. اما واقعیت این است که در اثر اصطکاک دامنه نوسان رفته رفته کاهش می یابد و به صفر می رسد و میرا می شود. این حرکت را حرکت هماهنگ میرا می نامیم
- اصطکاک غالباً از مقاومت هوا یا نیرو های داخلی ناشی می شود. بزرگی این نیرو معمولاً به سرعت بستگی دارد و در بیشتر موارد با سرعت جسم متناسب ولی در خلاف جهت آن است.
- با در نظر گرفتن وجود یا عدم وجود عامل میرا کننده، ارتعاش به شکل زیر تقسیم بندی می گردد:

۱- ارتعاش آزاد: یک سیستم ارتعاشی را در نظر بگیرید. در این سیستم جرم M به فنری با ضریب فنریت (سختی) K متصل است. هنگامی که نیرویی مانند F جرم را از حالت تعادل خارج کند سیستم شروع به نوسان خواهد کرد. در صورتی که به وسیله ایی سیستم را از حالت تعادل خارج کرده و نیروی دیگری بر آن وارد نشود سیستم به ارتعاش در آمده و حرکت آن را ارتعاش آزاد می نامند. این ارتعاش نشان دهنده رفتار یا حرکت سیستم است.

۲- ارتعاش واداشته: در صورتی که سیستم تحت تاثیر نیروی محرکه سینوسی قرار گیرد، با فرکانس این نیرو، ارتعاش خواهد کرد و در صورت ادامه این نیرو، ارتعاش سیستم از نوع واداشته است.

- اثرات ارتعاش روی انسان:

واکنش انسان نسبت به ارتعاش بر اساس اثر برخی خصوصیات ارتعاش در بدن است. اثرات فیزیولوژیکی و روانی ارتعاشات مکانیکی در فرد ناشی از جابجایی نوسانی یا تغییر وضعیت، اسکلت، اعضاء و انتهای بدن می باشد. بطوری که باعث اختلاف عمل طبیعی و تحریک گیرنده های مکانیکی حساس به ارتعاش می گردد.

ارتعاش اختصاصاً در طیف فرکانسی ۱ تا ۳۰ هرتز باعث تنزل یا گسیختگی در انجام کار وسیله تاثیر بر نوسانات جزئی بین فرد با نقطه دید یا محل تماس فیزیکی وی با کار می گردد.

- دریافت ارتعاشات توسط بدن:

۱- ارتعاش تمام بدن: در حالتی است که تکیه گاه فرد به ارتعاش در می آید

۲- ارتعاش موضعی (دست و بازو) : در حالتی است که قسمتی از بدن به ارتعاش در می آید

مراکز دریافت کننده ارتعاش شامل : دریافت کننده های پوستی و دریافت کننده نسج ها می باشند. تشکیلات گوش داخلی نیز در برابر تمامی ارتعاشات که به بدن منتقل می شود واکنش نشان می دهد. آستانه دریافت ارتعاشات به نوع ارتعاش، حساسیت دریافت کننده و وسعت سطح تماس بستگی دارد.

نتایج حاصل از دریافت ارتعاشات در بدن بسته به نوع فرکانس دریافت شده متفاوت می باشد. در فرکانس های بالا احساس سوزن سوزن شدن بوجود می آید و در فرکانس های پایین فرد احساس حرکتی مثل تاب خوردن و تکان خوردن می کند.

- **اثر ارتعاش تمام بدن:** اگر بدن توسط یک محرک ارتعاشی قوی و با فرکانس نزدیک به فرکانس های تشدید بدن مرتعش گردد، تخریب ناشی از تشدید ارتعاش رخ می دهد.

ارتعاش تمام بدن در وسایل حمل و نقل هوایی، زمینی، دریایی، ساختمانها و محیط های کار وجود دارد. تمام بدن در تماس با انواع مته های برقی و چکش های بادی به ارتعاش در می آید. بطور کلی ارتعاش تمام بدن در محدوده ۱ تا ۲۰ هرتز برای شاغلین به عنوان یک عامل زیان آور محسوب می شود.

اثرات فیزیولوژیکی و روانی ارتعاشات مکانیکی بر انسان در اثر به نوسان در آوردن بافت های بدن بوجود می آید. و سبب بر هم زدن اعمال طبیعی و همچنین تحریک گیرنده های مکانیکی در انسان می گردد.

جذب انرژی ارتعاشی در فرکانس های پایین به توسط بدن انسان و نیز تحریک گیرنده های مکانیکی مد های خاص ارتعاش ناشی از ارتعاش مداوم یا نیروی ضربه ایی به بدن بستگی به فاکتور های بیو دینامیکی داخلی و خارجی دارد.

الف - عوامل خارجی:

- ۱- شدت نیروی ارتعاش
- ۲- جهت، محل و سطح اعمال ارتعاش
- ۳- ماهیت حمایت و حفاظت از فرد
- ۴- قدرت مستهلک کنندگی سازه هایی که ارتعاش از راه آنها وارد می شود
- ۵- ماهیت، توزیع و وزن هر بار خارجی روی بدن (لباس های کار، ابزار آلات چسبیده به بدن)

ب - عوامل داخلی:

- ۱- ساختمان فردی
- ۲- میزان میرایی و خاصیت فنریت بافت
- ۳- وضعیت نسبی اجزاء و اندام های بدن
- ۴- فعالیت فرد
- ۵- درجه سختی یا کشش عضلات

- فیزیولوژی ارتعاش تمام بدن

اثرات فیزیولوژی ارتعاشات تمام بدن را می توان به دو دسته اساسی تقسیم نمود:

الف- تغییراتی که می توان آنها را مستقیماً به فرکانس ارتعاش منسوب داشت و معمولاً نتیجه تشدید بدن در فرکانس های رزونانس می باشد.

ب- تغییراتی که بیشتر در نتیجه شدت و مدت زمان مواجهه با ارتعاش بوجود آمده و کمتر به فرکانس ارتعاش وابسته است.

صدماتی که در اثر فرکانس ارتعاش ایجاد می گردد معمولاً پس از مواجهه طولانی با محرک ارتعاشی در گستره های فرکانسی خاص بروز می نماید

فرکانس کم و شدت متوسط (در منطقه ۲ تا ۲۰ هرتز) ایجاد یک واکنش عمومی قلبی ریوی می نماید که علائم آن مشابه با علائم حاصله از تمرینات متوسط بدنی است. نتایج حاصل از این واکنش ایجاد تغییرات فزاینده اعمال قلبی - تنفسی است که به صورت برون ده قلب، ازدیاد تهویه ریوی و افزایش مصرف اکسیژن می باشد. فشار خون نیز ممکن است با افزایش کم یا متوسط روبرو گردد.

اثرات وابسته به شدت و طول مواجهه در نتیجه حرکت اجزاء بدن در مقابل یکدیگر حادث می گردند. ارتعاشات مکانیکی تمام بدن یا ارتعاش عضلات یا تاندون های آنها باعث افزایش انقباض یا گرفتگی در آنها می گردد که در نهایت می تواند سبب تداخل در وضعیت کاری اعضاء گردد.

- اثرات مزمن ارتعاش تمام بدن :

از مدتها پیش تعدادی از ناراحتی های نخاعی را به مواجهه شغلی و مزمن با حرکت شدید وسایل نقلیه در حال کار از قبیل تراکتور های کشاورزی و منسوب می دانستند.

- اثر ارتعاشات با فرکانس متوسط و بالا: این ارتعاشات بیشتر از دستگاههایی که با هوای فشرده کار

می کنند مانند قیچی، مته، چکشهای سوراخ کننده و غیره حاصل می شود. دستگاههایی مانند

سنگ شکن نیز می توانند این ارتعاشات را ایجاد نمایند. این ارتعاشات بطور متوسط فرکانسی بین ۱۱ تا

۱۵۰۰ هرتز دارند. یکی از مهمترین اثراتی که توسط دستگاههای فوق الذکر به انسان اعمال می شود تاثیر بر دست و بازو است

- **سندرم ارتعاش دست و بازو (Hand Arm Vibration Syndrome (HAVS) :** این سندرم ترکیب علائم و نشانه هایی است که بیشتر اوقات در کارگرانی که از ابزار مرتعش دستی استفاده می کنند بوجود می آید. بسیاری از علائم و نشانه های آن همچنین در دیگر موارد بالینی همانند بیماری رینولدز اولیه، بسته شدن عروق، سندرم تونل کارپال و ... دیده می شود.
- یک مسئله ضروری در تشخیص HAVS حرفه ایی برای سابقه تماس و استفاده از ابزار های مرتعش چون دریل چکش های خرد کننده، سنگ سنباده، ابزار های پرچ کاری، اره های زنجیری و ... است.
- **جهات ارتعاش :** این جهات با توجه به خصوصیات بدن و اینکه ارتعاش از چه ناحیه ایی وارد بدن شود بسیار مهم است. جهات بدن عبارتند از Z, Y, X که محور Z عبارتست از محور طولی بدن، محور Y عبارتست از محور عرضی بدن و محور X عبارتست از محور عمقی بدن (از پشت به جلو). لازم به ذکر است که نقطه تقاطع این سه محور را قلب در نظر می گیرند.
- **بیماری های شغلی ناشی از ارتعاش :**

۱- اختلالات عروقی: این گروه به عنوان مهمترین، خطرناکترین و شایعترین اثرات ارتعاش می باشند. بیماری رینولدز، سفید انگشتی و دارت در اثر اختلالات عروقی ناشی از ارتعاش ایجاد می شوند. بیماری رینولدز در اثر انتقال ارتعاش در محدوده فرکانسی ۳۰ تا ۳۰۰ هرتز به بدن انسان ایجاد می گردد. چکش های بادی، مته ها و لرزاننده های بتون از جمله ابزاری هستند که ارتعاش با فرکانس یاد شده را از خود ساطع می کنند. بیماری سفید انگشتی به عنوان مهمترین و خطرناکترین اثر ناشی از اختلالات عروقی معرفی شده است. این بیماری به علت کاهش جریان خون ایجاد می گردد و بیشتر انگشتان دست (به خصوص انگشت سوم و چهارم) به علت انقباض عضله جدار رگها آسیب می بینند. در این عارضه اعصاب و رگهای خونی دست دچار صدمه ایی دائمی شبیه به فلج انگشتان دست می گردند.

کاهش جریان خون سبب خشکی و بی حسی انگشتان و از دست رفتن تدریجی قدرت کنترل عضله های دست می شود در این صورت گرفتگی و چنگالی شدن ایجاد شده و کار مختل می گردد. بیماری سپید انگشتی در اثر عوامل تنگ کننده رگهای خونی مانند سرما و دخانیات تشدید می شود در این بیماری حالتی که در دست ایجاد می شود کاملاً شبیه به احساس خواب رفتگی پاها است و شکایاتی همچون احساس سوزش و خارش، بی حسی و درد نیز وجود دارد. این علائم پس از ۳ ماه تا ۲ سال کار با ادوات مرتعش ایجاد می شوند.

در سال های اخیر بیماری دارت با منشاء شغلی شناخته شده است ولی شیوع آن کمتر است. این حالت در اثر امواج ارتعاشی با فرکانس حدود ۱۰۰ هرتز ایجاد می گردد. علائم آن بر خلاف سفید انگشتی عبارتست از جمع شدن خون در دست ها و تورم، درد ناکی و در نهایت آبی رنگ شدن آنها می باشد.

یکی از راههای موثر در کنترل اختلالات عروقی استفاده از دستکش های لاستیکی مقاوم می باشد.

۲- ضایعات استخوانی: در این ضایعات عمل خروج املاح آهکی و کلسیم دار از استخوان ها صورت می پذیرد. در این حالت لکه های کوچک در استخوان های کف دست ایجاد می گردد که با رادیو گرافی

مشخص است. این لکه های کوچک محل خروج املاح بوده که در نهایت باعث پوکی استخوان می گردند.

۳- ضایعات بافت نرم: در اثر ارتعاش سلول های انتهایی ماهیچه ها از بین رفته و معمولاً پوست ضخیم شده و ماهیچه لاغر می گردد. این حالت به نام بورسیت معروف است.

۴- ضایعات مفصلی: در این حالت شاخ قدامی نخاع آسیب دیده و احتمال فلج شدن وجود دارد. این وضعیت به خصوص در افرادی دیده می شود که با پاهای خود با وسایل مرتعش کار می کنند یا در ارتباط هستند.

عارضه مفصلی دیگر آرتروز هیپراستئوزانت می باشد و دستگاههایی با ریتم ۲۵۰ تا ۴۰۰۰ دور در دقیقه (فرکانس متوسط) باعث آن می شوند. در این ضایعه مفاصل دست صدمه می بینند و تورم مفاصل ایجاد می گردد. در این بیماری حرکت مفصل آرنج مشکل و با درد همراه است.

۵- عوارض عمومی: شامل عدم تمایل به کار، بیحوصلگی، حساس شدن، عصبانیت، بیخوابی، اختلال در شنوایی و ...

- کنترل ارتعاش:

یکی از معمولی ترین منابع تولید صدا در صنایع در اثر ارتعاش سیستم ها می باشد. بطور کلی برای کنترل ارتعاش سه اصل مهم وجود دارد.

۱- جداسازی بخشی از دستگاه از ساختمان یا زمین که باعث انتقال ارتعاش دیگر منابع می شود. این حالت می تواند از وسایل مکانیکی ظریف یا دستگاههای کنترل الکترونیکی که تحت تاثیر ماشین های مرتعش قرار می گیرند ناشی می شود. مثال های دیگر در این رابطه لوله های قابل انعطاف و اتصالات لوله ای و نیز سقف های کاذب معلق می باشند.

۲- به حداقل رساندن انتقال ارتعاشات از یک قطعه دستگاه مرتعش به ساختمان که این شاید معمولی ترین روش باشد.

۳- کاهش حرکات ارتعاشی ناشی از ماشین آلاتی که از نظر ارتعاش ایزوله شده اند. این حالت در نتیجه جداسازی ماشین از جای نخست آن ناشی می شود و ارتعاش با استفاده از قالب هایی که لرزش ها را خنثی می کنند از بین می رود. (آخرین مرحله کنترل)

- کنترل ارتعاش در منبع:

یکی از معمولی ترین و موثر ترین روشها، کنترل ارتعاش در منبع می باشد. یکی از بیشترین منابع معمول ارتعاش مکانیکی در ماشین آلات گردنده عدم توازن می باشد که با بالانس کردن به راحتی قابل رفع می باشد.

- ایزولاسیون ارتعاش:

یکی از جنبه های مهم در کنترل ارتعاش جلوگیری از انتقال ارتعاش می باشد. در مبحث ایزولاسیون ارتعاش دو قسمت عمده مورد بررسی قرار می گیرد:

۱- جلوگیری از انتقال ارتعاشات به سیستم های حساس دستگاه که انرا ایزولاسیون غیر فعال می گویند و برای کم یا جلوگیری کردن از انتقال ارتعاش و کم کردن اثرات آن روی دستگاهها و ماشین آلات آنها را توسط وسائلی مثل فنر یا لاستیک به محل اتکاشان وصل می نمایند. در

صورتی که یک نیروی اعمال شده نیرویی مانند FT باشد این نیرو سیستم را به ارتعاش می آورد

۲- جلوگیری از انتقال ارتعاشات ایجاد شده در ماشین و اطراف که این نوع ایزولاسیون را اکتیو (فعال) گویند.

- عایق های ارتعاشی:

سه نوع عایق اصلی وجود دارد: فنر های فلزی، بست های قابل ارتجاع لاستیک و بالشتک های قابل ارتجاع که استفاده از هر یک به درجه ایزولاسیون مورد نیاز، فرکانس نیرو، وزن دستگاه و درجه حرارت بستگی خواهد داشت. عایق ساری بیش از ۹۰ درصد تنها هنگامی امکان پذیر است که فرکانس نیرو بیش از ۳ برابر از فرکانس طبیعی سیستم کمتر باشد.

۱- **پایه های فلزی:** این گروه وسیعترین کاربرد را در بین انواع عایق ها دارا باشد و به ویژه در ایزولاسیون تجهیزات سنگن و بزرگ مورد استفاده قرار می گیرند. مهمترین ویژگی پایه های فلزی قابلیت آنها در تحمل تغییر شکل های نسبتاً زیاد در فراهم آوردن ایزولاسیون مناسب در فرکانس های پایین می باشد.

۲- **عایق های قابل ارتجاع:** در رنج محدودی از فشار، عایق های قابل ارتجاع را می توان به طور موثری برای رفع مشکلات گوناگون ایزولاسیون ارتعاش مورد استفاده قرارداد. این نوع پایه برای ماشین های کوچک و فرکانس های نیروی بالا بیشترین بازده را دارد.

۳- **بالشتک های عایق سازی:** احتمالاً ساده ترین و پرکارترین پایه های ایزولاسیون از نوع بالشتک است. این گروه معمولاً از لاستیک طبیعی، مصنوعی یا بلوک های چوب پنبه ایی، نمدی و یا فایبر گلاس ساخته شده اند. مزایای بالشتک ها به قرار زیر است:

- ۱- براحتی در زیر دستگاه قرار می گیرند و پاره نمی شوند
- ۲- بصورت ورقه ورقه در ضخامت های مختلف در دسترس هستند
- ۳- می توان آنها را روی هم انباشته نمود و تغییر شکل های بزرگ و مطابق آن تراز های بزرگی از ایزولاسیون فرکانس پایین بدست آورد.

- انواع بالشتک ها

- ۱- لاستیکی
- ۲- چوب پنبه ایی که شاید قدیمی ترین و موثر ترین ماده عایق ساز باشد.
- ۳- نمدی که بیشترین ضخامت استفاده از آنها ۱ اینچ است
- ۴- فایبر گلاس که جدیدترین ایزولاتور می باشد. در این بالشتک ها احتمالاً ایزولاسیون موثر زیر ۲۰ هرتز بدست نمی آید.
- ۴- **عایق سازی مارپیچی:** این عایق سازها کابل های ضد زنگ هستند که به گره های فلزی متصل شده اند.

۵- **عایق های پنوماتیک:** برای تجهیزاتی که در معرض فرکانس های پایین و یا شوک هستند مانند پرس های قوی، چکش های آهنگری یا فشاری و... پایه های پنوماتیک کارایی مناسبی دارند در پایان متذکر می شود که از کار افرادی با ناراحتی های زیر در محیط های مرتعش باید جلوگیری نمود:

- ۱- ناراحتی های شنوایی
 - ۲- اختلالات قلبی و عروقی
 - ۳- اختلالات عصبی
 - ۴- اختلالات استخوانی
 - ۵- اعتیاد به الکل، سیگار و مواد مخدر
- ضمناً در صورت مشاهده علائم زیر حتماً به پزشک مراجعه نمایید:

- ۱- درد، تورم و قرمزی دستها
- ۲- درد مفاصل مچ، آرنج و شانه
- ۳- بی حوصلگی و بی خوابی
- ۴- ناراحتی های شنوایی و عصبانیت
- ۵- گزگز کردن اندام ها
- ۶- بی حسی ماهیچه ها