اصول کاربردی کنترل صدا

مورد استفاده کارگران کارفرمایان و مراکز بهداشت

ترجمه وتنظیم :

سید مصطفی مصطفوی نیا

زهرا عرب چادگانی

دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی ایران

فهرست　　بنام خداوند بخشاینده مهربان　　صفحه

مقدمه ۱
اثرات صدا روی سلامتی..... ۲
اصطلاحات ومفاهیم پایه ۴
اصول کاربردی کنترل صدا ۱۲
اقدامات کنترلی گروهA (رفتار صوت) ۱۲
اقدامات کنترلی گروهB (صدای ناشی از صفحات مرتعش) ۲۶
اقدامات کنترلی گروهC (تولید صدا در هوا یا گازها).....۳۹
اقدامات کنترلی گروهیD (تولید صدا در مایعات روان).....۵۱
اقدامات کنترلی گروهE (حرکت صدا در محیطهای داخلی).....۵۴
اقدامات کنترلی گروهF (حرکت صوت در کانالها).....۶۱
اقدامات کنترلی گروهG (صدای ناشی از ماشینهای مرتعش).....۶۸
اقدامات کنترلی گروهH (کاهش صدا در دیواره های محصور کننده).....۷۶
اقدامات کنترلی صدا(در یک نگاه کلی).....۸۴
اشکال مختلفی از محصور کننده ها.....۸۷
موارد کاربردی کنترل صدا در صنایع مختلف ۸۸
مورد اول-کنترل صدای ماشین برش.....۸۸
مورد دوم- کنترل صدا در کارخانه درب قوطی سازی.....۹۱
مورد سوم- کنترل صدا ماشین نجاری.....۹۳
مورد چهارم-کنترل صدای پوشش تسمه وفلایویل.....۹۴
مورد پنجم – کنترل صدای کمپرسور.....۹۵
موردششم-کنترل صدار در یک ماشین رنده چوب.....۹۷
مورد هفتم – کنترل صدا در یک کارخانه میخ سازی ۹۸
کنترل ارتعاش در یک سیستم تهویه.....۹۹

مقدمه:

با صنعتی شدن جهان امروز،مشکلات بهداشتی ناشی از کار روز به روز رو به افزایش هستند .یکی از این مشکلات بهداشتی که در محیطهای صنعتی گریبان گیر کارفرمایان و کارگران شده است مشکلات ناشی از صداست.کارشناسان بهداشت حرفه ای نیز همیشه در پی این امر بوده اند که با راهکارهای ساده صدای محیط کار را کاهش دهند .

ما نیز بر آن شدیم تا کتاب یا جزو ه ای تهیه کنیم که از طریق آن بتوان به دور از فرمولها ومحاسبات فنی ،صدای محیط کار را کنترل کرد.تا اینکه کتابی را که **OSHA**تحت عنوان زیر:

Noise Control A guide for workers and employers 1980

((کنترل صدا- یک کتابچه راهنما برای کارگران و کارفرمایان)) تالیف کرده بود را انتخاب و ترجمه کردیم.این کتاب دارای متنی ساده وروان است ودر اکثر قسمتها از شکل برای تفهیم بهتر مطلب استفاده کرده است ودرضمن مطالب آن برای افراد بدون تحصیلات آکادمیک نیز قابل فهم است .در ترجمه این کتاب از هیچ منبع فارسی ای استفاده نشده است.

علاوه برکتاب لاتین فوق از فیلمهای مرکز تحقیقات وزارت کار، برای تفهیم بهتر مطالب استفاده شده است.((بیشتر امید است این کتاب در مراکز بهداشت و کارگاههای صنعتی استفاده شود))

متن لاتین کتاب فوق را می توانید در آدرس اینترنتی زیر بیابید:

www.nonoise.org/index.htm

مقدمه :

- **صدا می تواند باعث تخریب شنوایی شود**
- **می تواند استرسهای فیزیکی وفیزیولوژیکی ایجاد کند .**
- **می تواند از طریق بلوکه کردن صداهای اخطار دهنده باعث ایجاد حادثه شود**
- **تخمین زده شده 14 میلیون کارگر در آمریکا با صدای خطرناک(مضر)در تماس هستند.**
- **خوشبختانه تماس با صدا را میتوان کنترل کرد.**

مشکلات صوتی محیط کار زیاد نگران کننده نیست چون برای کاهش خطر، یک سری تکنو لوژی وجود دارد که ممکن است شامل بخشهای زیر باشد .

- ✓ **استفاده از پروسه های کاری کم سرو صداتر**
- ✓ **محصور کردن یا تغییر در تجهیزات برای کاهش صدا در منبع**
- ✓ **استفاده از مواد جاذب صوت برای جلوگیری از انتشار صوت بوسیله ایزوله کردن منبع.**

سازمان ایمنی وبهداشت شغلی آمریکاOSHA برای کمک به حذف مخاطرات ایمنی و بهداشت شغلی صدا ،کنگره ای را در آمریکا تشکیل داده بود.

این کتاب توسط OSHA برای کارفرمایان و کارگران علاقه مند به صدای محیط کار،ارائه شده است.

OSHA عقیده دارد عموما آموزشهای فنی با سطوح بالا ،برای فهمیدن اصول پایه کنترل صدا ، نیاز نیست . مشکلات صدا اغلب میتواند توسط کارگران و کارفرمایان تحت تاثیر واقع شده ،حل شود.

این کتاب شامل 5 قسمت است :

اول:بررسی اثرات صدا روی سلامتی انسان

دوم: بحث پیرامون یک سری کلمات کلیدی و مفاهیم مورد بحث در کنترل صدا

سوم :تشریح اصول کنترلی صدا طوری که خواننده بتواند آن را در محیط کارش به کاربرد .

چهارم: بحث درمورد تکنیکهای ویژه برای کنترل کردن صدا

پنجم: توصیف راهکارهای OSHA که شامل تشریح الزامات قانونی برای کنترل صدا است وباید توسط کارفرمایان پیگیری شود.

اثرات صدا روی سلامتی:

توانایی شنیدن، یکی از نعمتهای با ارزشی است که در اختیار ما قرار گرفته است . بدون داشتن شنوایی ،رسیدن به یک زندگی خوب و کامل خیلی سخت است.صدای زیاد میتواند توانایی شنیدن را از بین ببرد و ممکن است اثر استرس زا روی سایر قسمتهای بدن ایجاد کند مثل قلب.

برای بیشتر اثرات صدا ، درمانی وجود ندارد .برای اینکه جلوگیری از تماس با صدای زیاد ، تنها راه اجتناب از آسیبهای وارده به سلامتی است .

شنوایی:

عمل صدمه دیدن بوسیله صدا، اساسا به میزان بلندی صدا در طول تماس،بستگی دارد.فرکانس و بلندی صدا میتواند اثرات مربوط به خودش را داشته باد . بنابر این صداهای با بلندی بیشتر از صداهای با بلندی کمتر ، آسیب زایی بیشتری دارند .

صدا میتواند گوش داخلی را خسته کرده و سبب افت شنوایی موقت شود .بعد از یک مدت دوربودن از صدا،شنوایی ممکن است دوباره به حالت اول برگردد.بسیاری از کارگرانی که از افت شنوایی موقت رنج میبرند،ممکن است به این نتیجه برسند که با گذشت زمان، شنوایی آنها دوباره به حالت اول بر میگردد.تماس پیوسته با صدا، باعث خواهد شد گوش ،توانایی خود را برای بازگشت از حالت افت شنوایی موقت، به حالت نرمال،از دست بدهد.و افت شنوایی به جای موقت بودن به صورت دائم در خواهد آمد.

افت شنوایی دائم از تخریب سلولهای گوش داخلی که هرگزقابل ترمیم و جایگزینی نیستند ایجاد می شود. این قبیل صدمات ممکن است توسط تماس طولانی با صداهای بلند ویا در برخی مواردتماسهای مختصر با صداهای فوق العاده بلند ایجاد شود .

عموما صدای محیط کار نخست بر توانایی شنیدن صدا با فرکانسهای بلند اثر میگذارد معنی آنچه در جمله قبل گفته شد این است که با وجود اینکه فرد میتواند بسیاری از صداهارا بشنود ،مکالمه یا سایر صداها ممکن است غیر واضح یا غیر قابل فهم باشند .

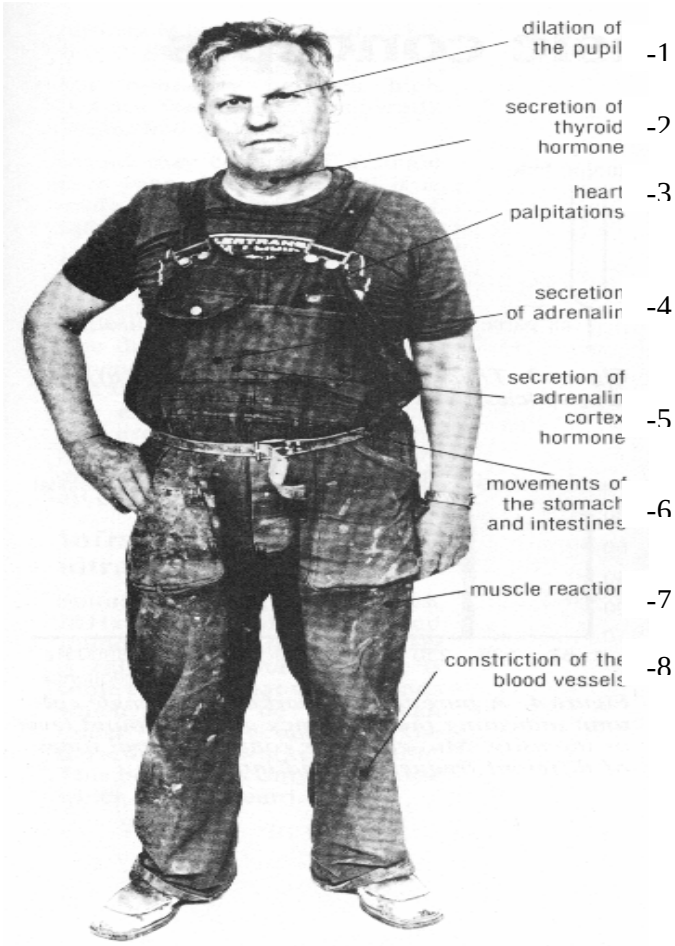
کارگران باهرنوع اختلال شنوایی می گویند ((صدای شما را می شنوم اما نمی فهمم چه میگویید)). نامفهوم بودن صدا به طور خاص ،زمانی اتفاق می افتد که صداهای زمینه وجود دارد یا بسیاری از افراد در حال صحبت کردن هستند .هنگامی که درک وفهم مکالمه سخت می شود،فرد از دوستان و خانواده جدا می شود .

شنیدن موسیقی و صداهای طبیعی ، به منظور لذت بردن غیر ممکن میشوند.کاربرد یک سمعک شنوایی می تواند صدارا بلند ترکند اما نمی تواند آن را واضح تر کند و به ندرت یک راه حل رضایت بخش برای افت شنوایی محسوب می شود .

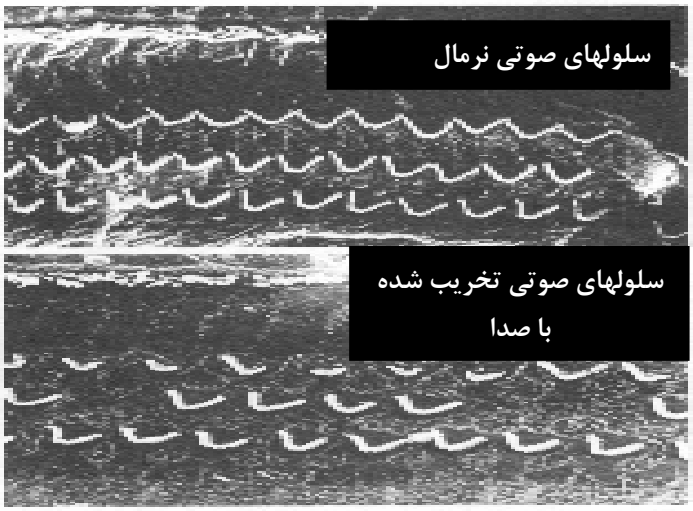
کسانی که از افت شنوایی رنج می برند ممکن است در گوششان صداهای پیوسته زنگ زدن را تجربه کنند .که((زنگ زدن گوش **tinnitus**)) نامیده می شود.

تا این مقطع از زمان ، هیچ درمانی برای **tinnitus** وجود ندارد .اگرچه برخی از پزشکان در حال آزمایش برای رسیدن به درمان آن هستند .

(شکل **1**) ((اثرات صدا روی قسمتهای مختلف بدن))



1-گشادی مردمک**2**-ترشح هورمون تیروئید**3**-تپش قلب**4**-ترشح آدرنالین**5**-ترشح هورمون آدرنالین کورتکس **6**- -حرکات معده و روده**7**-واکنش ماهیچه ای**8**-ساختار عروق خونی



شکلهای بالا حالات سلولهای سالم وتخریب شده با صدا را نشان می دهند.

(شکل2)

کنترل صدا:

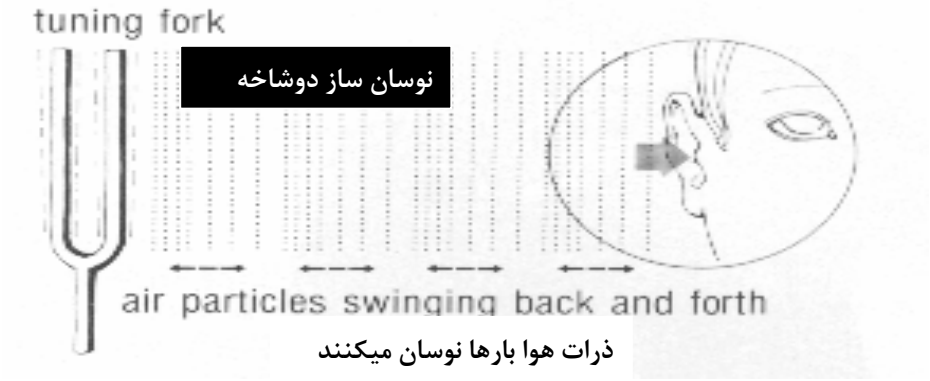
اصطلاحات و مفاهیم پایه:کلمات ومفاهیمی وجود دارد که باید قبل از شروع بحث روشهای کنترلی صدا، برای فهم بهتر مطالب توضیح داده شود

صوت sound:

صوت هنگامی تولید میشود که صدای منبع با حرکت موج،هوای نزدیک به خودرا فشرده میکند . این حرکت به سایر ذرات انتقال یافته وصوت در هوابا سرعت 340متر بر ثانیه منتشر می شود .در جامدات ومایعات سرعت بیشتر میشود،1500متربر ثانیه در آب و5000 متر بر ثانیه در فولاد .

فرکانس:

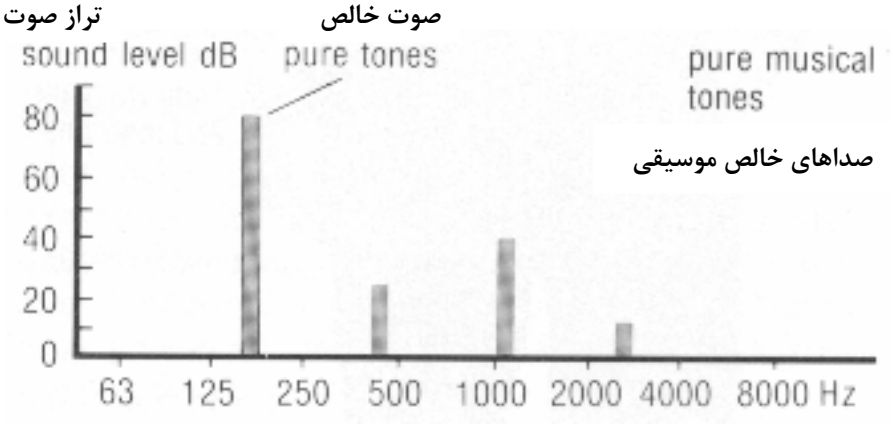
فرکانس موج صوتی به تعداد ارتعاش در ثانیه باز میگردد.که در واحد Hz اندازه گیری میشود .صدای ایجاد شده با یک دامنه فرکانسی بزرگ ،برای یک فرد جوان قابل شنیدن است. شکل صفحه بعد را ببینید.



ذرات هوا بارها نوسان میکنند

(شکل3)

منبع صدا مرتعش میشودو روی ذرات هوا اثر گذاشته و باعث نوسان پرده صماخ میشود.



صداهای خالص موسیقی

(شکل 4)صدای خالص با یک ستون جداگانه نشان داده شده است.دریک طرف نمودار تراز فشار یا شدت صوت ودر طرف دیگر فرکانس مربوط به صوت را داریم.

اصوات مربوط به موسیقی،دارای چندین صدا با فرکانسها وشدتهای مختلف هستند.

-آستانه شنوایی بین(**20Hz -20KHz**) است

مرز بین فرکانسهای بالا و پایین به طور عمومی **1000Hz** در نظر گرفته شده است.

صوت ممکن است شامل یک صدای خالص باشد،اما عموما صوت دارای چندین صدا با شدتهای متفاوت است.

Noise(سروصدا):

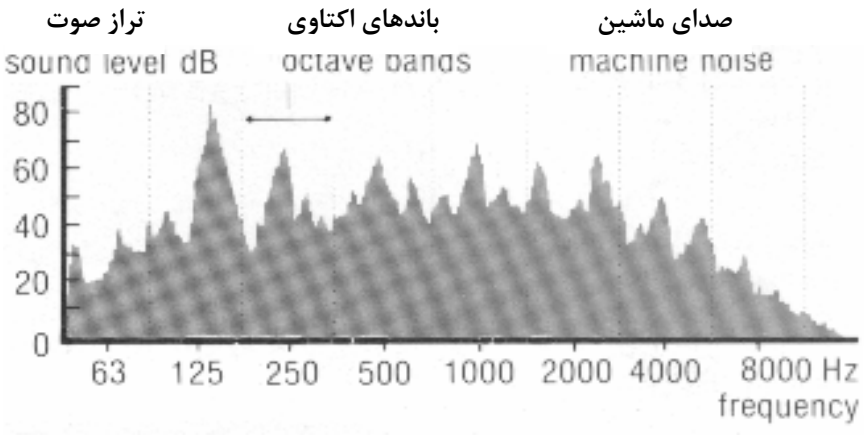
به طور متعارف به هر صدای نامطلوبی((سروصدا)) می گویند.

اثرات سروصدا به دو عامل فرکانس وشدت صداهای تشکیل دهنده آن بستگی دارد.برای مثال :فرکانسهای بالاتر، از فرکانسهای پایینتر دارای اثرات مختل کنندگی بیشتری هستند اصوات خالص از اصوات ترکیبی اثرات مختل کنندگی بیشتری دارند .

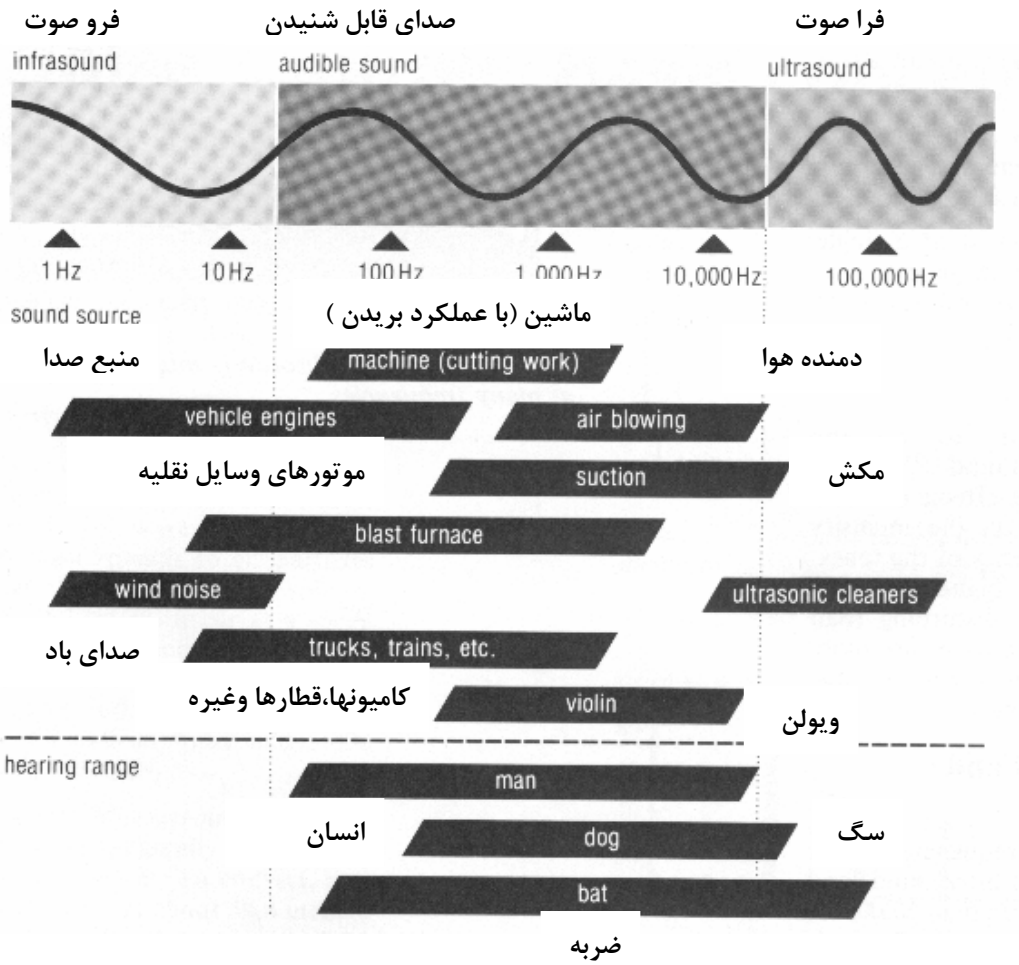
فرو صوت وفرا صوت:

اصوات با فرکانس زیر 20Hz فرو صوت نامیده می شود و صداهایی بالاتر از 20KHz فرا صوت نامیده می شوند .

شواهد زیادی وجو دارند که این صداها با اینکه قابل شنیدن نیستند می توانند در شرایطی مشخص برای سلامتی کارگران مضر باشند .این کتاب فقط با مقادیری از صدا که قابل شنیدن هستند سرو کار دارند.



(شکل5) سرو صدا،مخلوطی از اصوات نامنظم با فرکانسهای متفاوت است



در شدت یکسان،صدای ناشی از کامیونها،کمتر از صدای دمش یا مکش ایجاد آزار میکند چون دارای فرکانس پایین تری است.

دسیبل(dB):

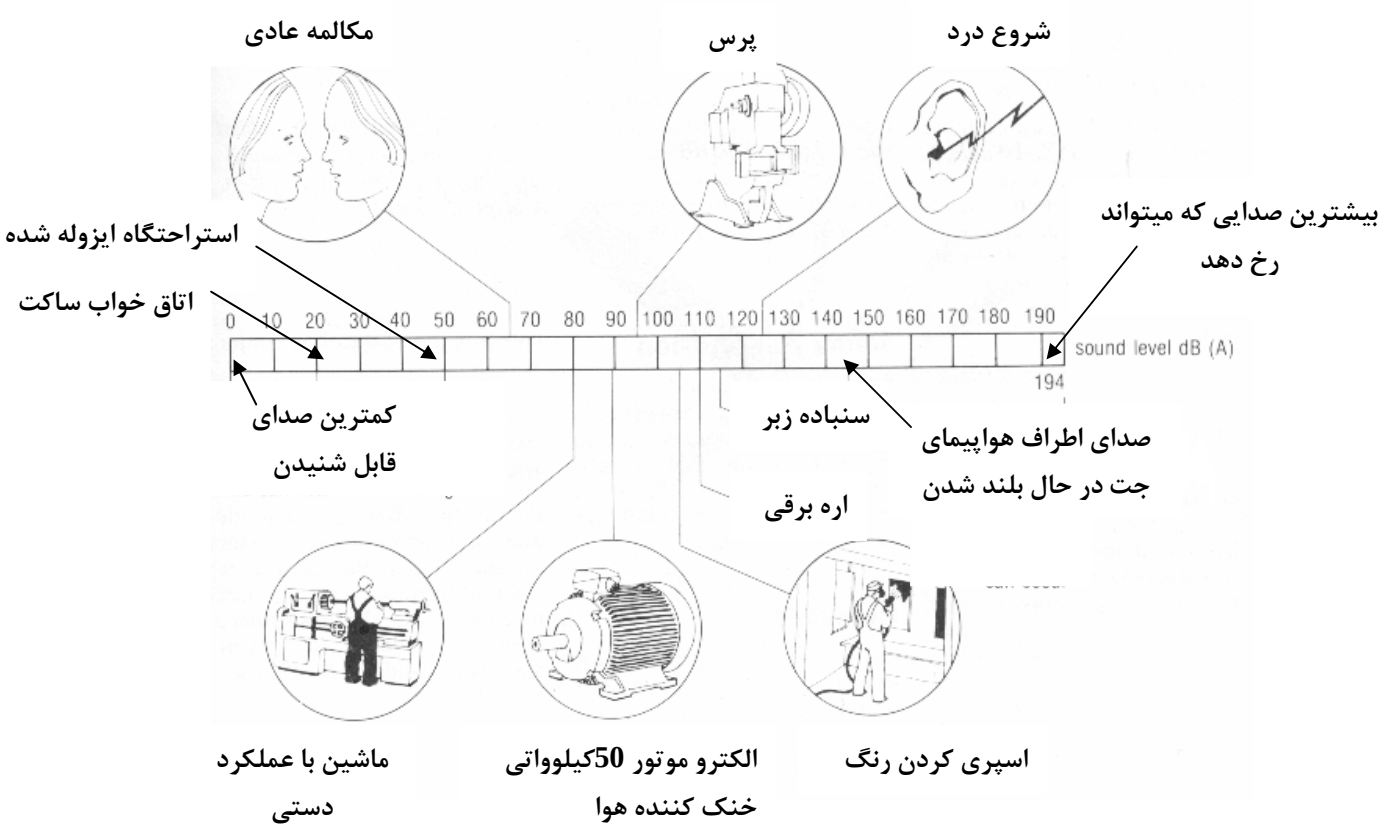
ترازهای صوتی در واحد دسیبل اندازه گیری می شوند .

اگر صدا 10 دسیبل شدیدتر شود ،این صدا برای گوشها تقریبا به صورتی که انگار دو برابر شده باشد به نظر میرسد.یک کاهش 10 دسیبلی در صدا ، آن را برای گوش طوری به نظر میرساند که انگار نصف شده باشد.

اندازه گیری تراز صدا:

در اندازه گیری تراز صوت ،از دستگاههایی استفاده می شود که در برابر صداهای مختلط از نظر حساسیت مانند گوش انسان عمل میکنند.این وسایل تراز فشار را در شبکه A اندازه گیری میکنند که dB(A) نامیده میشود.

اندازه گیریهای صدای محیط کار نشان می دهد که ترازهای صوتی ایجاد شده ،از وسایل مختلف باهم ترکیب شده است مثلا یک سری منابع مانند (ماشینها - جابجایی مواد)و صدای زمینه (سیستم تهویه- کمپرسورهای سرد کننده ،پمپهای چرخشی و..)



(شکل 7)

به منظور دستیابی به یک تعریف درست از مسائل صدای محیط کار ،صدای ناشی از هر منبع باید جداگانه در نظر گرفته شود اندازه گیریها در قسمتهای مختلف تولید،می توانند برای تصمیم در مورد انتخاب راه حل های ممکن ،مفید واقع شوند.

ترازهای اضافه شونده:

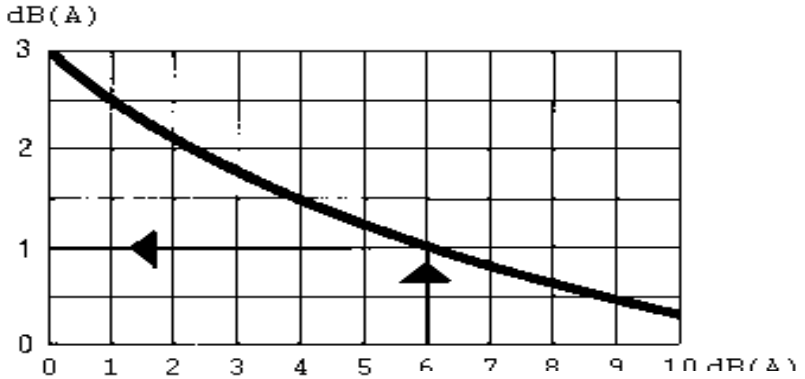
ترازهای صوتی ناشی از دو یا چند صدای متفاوت را نمی توان به سادگی باهم جمع کرد.شکل شماره **8** نشان میدهد که اثر ترکیبی دو صوت متفاوت ،چطور به اختلاف تراز آنها بستگی دارد .

دو یا چند تراز صدای یکسان برای ایجاد تراز بلند تر، ترکیب می شوند .

اکتاو باند : ((octav band))

این یک اصل رایج است که پهنای فرکانسی ای را که ما می توانیم بشنویم به **8** اکتاو باند تقسیم میکنند.تراز صدا برای هر اکتاو باند به صورت فهرستی از ترازها در آمده است .فرکانس بالا در هر اکتاو باند **2** برابر فرکانس پایین است .اکتاو باند ممکن است به فرکانس مرکزی ارجاع داده شود مثلا **500Hz** فرکانس مرکزی**354-408Hz** است .

میزان دسیبلی که باید به تراز بالاتر اضافه شود.



اختلاف بین دو تراز

(شکل**8**)یک فن تراز صدایی برابر **50dB(A)** تولید میکند.یک فن دیگر **56dB(A)** تولید میکند.اختلاف این دوتراز **6dB(A)** است.با توجه به نمودار، **1dB(A)**باید به تراز بالاتر،اضافه شود.پس هنگامی که این دو فن همزمان کار میکنند صدای حاصله ، **57dB(A)** است.

انتقال صوت Sound transmission:

کلمه صوت معمولا به انتقال امواج صوتی در هوا اطلاق می شود.امواج صوتی از مایعات و جامدات می گذرند.این امواج صوتی ممکن است برای ایجاد صدایی که ما مـی تـوانیم بشنویم به هوا انتقال داده شوند.

رزونانس یا تشدید Resonance:

در یک یا چند فرکانس ویژه، یک شیئ یـا حجمـی از هـوا ،قابلیـت تـشدید یـا رزونـانس صوت را خواهد داشت.این فرکانس به سایز و ساختارشیئ یا حجم هوابستگی دارد.

کاهش صوت به نسبت فاصله: Sound reduction by distance

انتشار صوت در هوای آزادکه در فواصل مشخص ،از منبع اندازه گیری شده اسـت ،نـشان میدهد که به ازاءدوبرابر شدن فاصـله تـراز صـوت 6 دسـیبل کـم خواهـد شـد .صـدا در محیطهای داخلی (بسته) به ازاء افزایش فاصله ،کاهش کمتری نشان میدهد.

افت انتقال صوت: Sound transmission loss (TL)

هنگامی که یک دیوار در معرض صدا قرار می گیرد ،فقط قسمت کمی از صدا از دیـوار عبور میکند ، در صورتی که بیشتر آن منعکس می شود.توانایی دیوار برای بلوکه کـردن انتقال ، بوسیله TL نشان داده میشودکه در واحد dB اندازه گیری میشود.

TL یک دیوار صرف نظر از چگونگی کاربرد آن ، متغیر نیست(ثابت است)

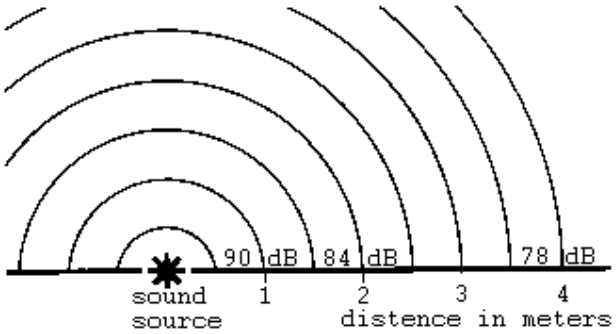
کاهش صدا: noise reduction(NR)

کاهش صدا بیانگر مقدار دسیبلهای کاهش یافته ای ا ست که واقعا توسط محـصور کننـده ها یا موانع صوتی ویژه، حاصل میشود.

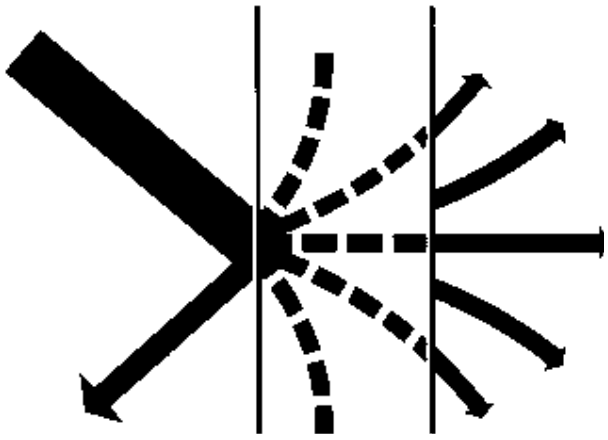
NR می تواند توسط مقایسه کردن تراز صوت ،قبل و بعد از نصب یک محـصور کننـده ،روی یک منبع صوت،تعیین مقدار شود.

جذب صوت sound absorption : صدا هنگامی که به مواد متخلخل برخورد میکند جذب میشود

مواد جاذب صوت که به صورت تجاری وجود دارند معمولا70٪ یا بیشتر،از میزان صدای برخورد کرده با آنها را جذب میکنند.



(شکل9) یک منبع کوچک که در فاصله یک متری تراز صدایی برابر 90 دسیبل تولید میکند درفاصله2 متری84 دسیبل ، ودر فاصله 4متری 78 دسیبل صدا تولید میکند.



(شکل10)قسمتی از صدایی که به دیوار برخورد میکند منعکس شده،قسمتی جذب شده وقسمتی انتقال می یابد.افت انتقال دیواربوسیله قسمتی از صداکه از میان دیوار نگذشته ، مشخص میشود.

اصول کاربردی کنترل صدا :Application of noise control principles

این بخش ، چگونگی کاربرد اصول پایه کنترل صدارا شرح می دهد.در بسیاری از موارد ،چندین اصل باید توام به کار برده شودو برای کنترل چندین اندازه گیری باید انجام شود.البته این اصول،تمام مسائل امکان پذیر درمورد صدا را تحت پوشش قرار نمی دهد.

این اصول در 8 قسمت مورد بحث قرار میگیرند:

A-رفتار صوت

B-صدای ناشی از صفحات مرتعش

C- تولید صدا در هوا و گازها

D- تولید صدا در مایعات روان(سیال)

E- حرکت صدا در محیطهای داخلی

F- حرکت صدا در مجراها و کانالها

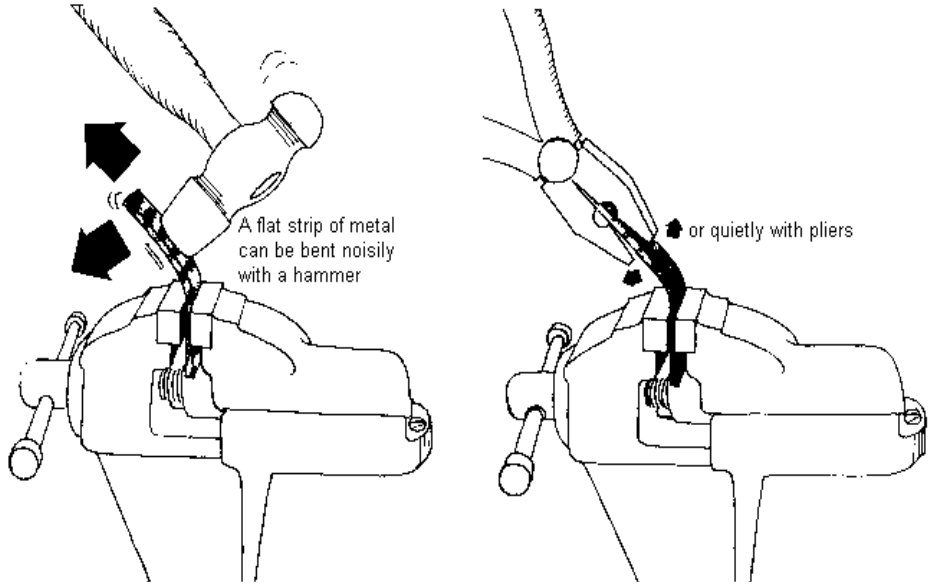
G-صدای ناشی از ماشینهای مرتعش

H-کاهش صدا در دیوارهای محصور کننده

نکته : در تمام شکلها یک سری علائم استفاده شده اند.پیکانهای بزرگ ومشکی نشان دهنده انتشار صدای قوی و پیکانهای کوچکتر نشان دهنده ،صداهای کاهش یافته هستند.

A1- رفتار صوت – عامل تولید صوت

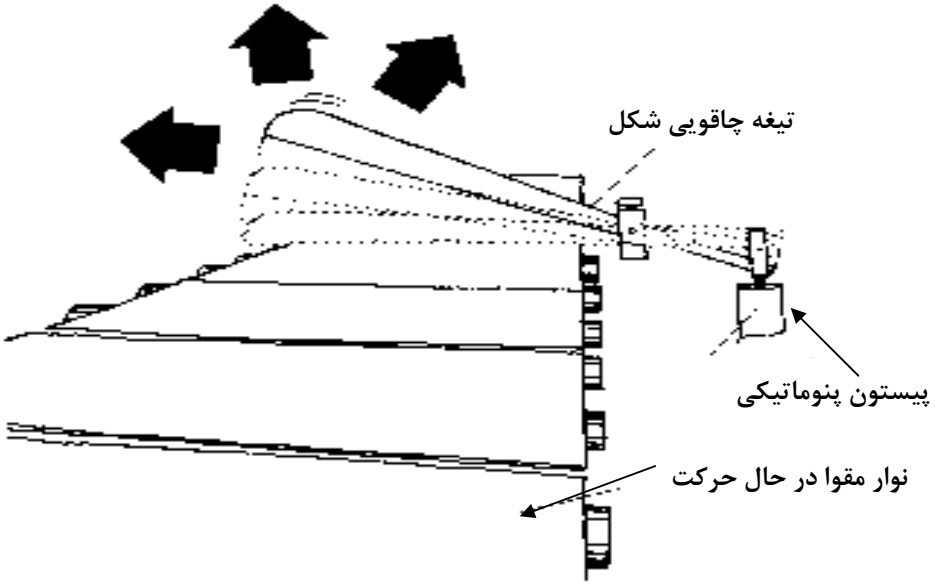
تغییر در نیرو-فشاریا سرعت، صدا ایجاد میکند.صدا همیشه بوسیله تغییر در نیرو – فشار یا سرعت ایجاد میشود.تغییرات زیاد، صداهای بلند تری ایجاد میکند وتغییرات کم صداهای آرامتری تولید میکند.اگر یک عمل با نیروی زیادبرای یک زمان کوتاه انجام شود،نسبت به شرایطی که همان عمل با نیروی کم برای مدت بیشتر انجام شود ،صدای بیشتری تولید خواهد کرد.



یک تکه فلز می تواندبه صورت صدا دار با چکش خم شود　　یا به آرامی با انبر دست خم شود

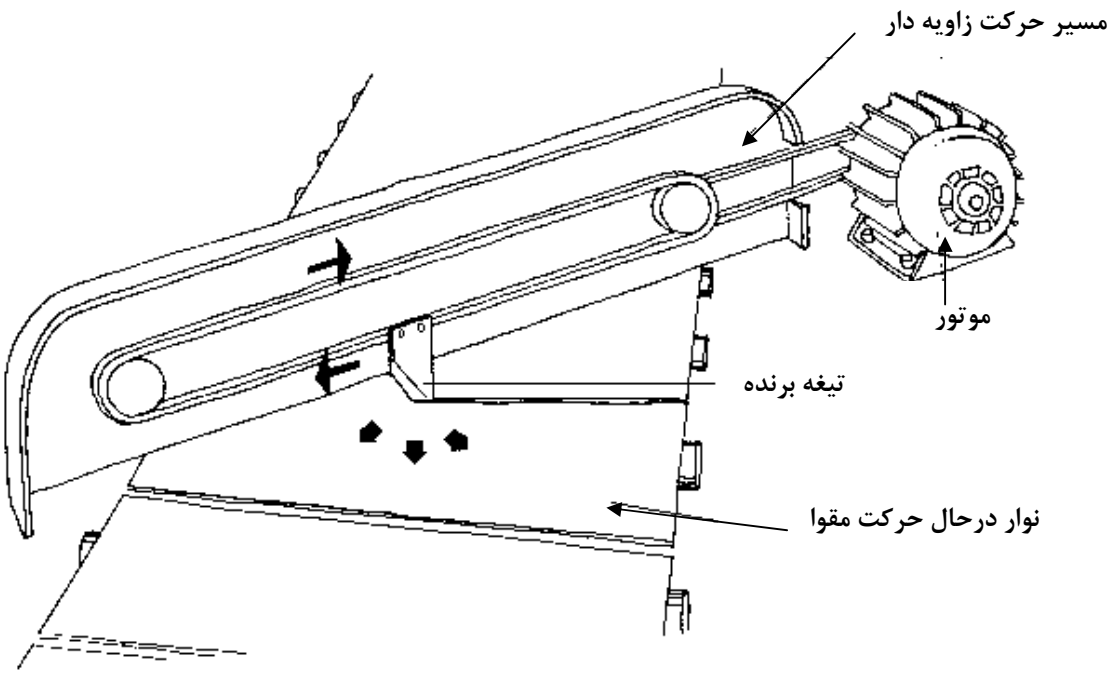
(شکل11)

مثال:در یک ماشین جعبه مقوایی ساز ، مقواها توسط تیغه چاقویی شکل بریده می شوند.تیغه باید خیلی سریع و با نیروی زیاد به طور عمودی ،برای بریدن مقوا فرود بیاید که این باعث تولید صدای زیادی میشود .



(شکل12)

اقدام کنترلی: بااستفاده کردن از یک تیغه که در عرض مقوا حرکت می کند ،مقوا با کمترین نیرو برای مدت زمانی طولانی بریده میشود .هنگامی که نوار مقوا جابجا میشود،تیغه برنده بایدبا حالت زاویه داربرای برش عمودی کاغذ حرکت کند این نوع برش در واقع باعث کاهش صدا میشود .



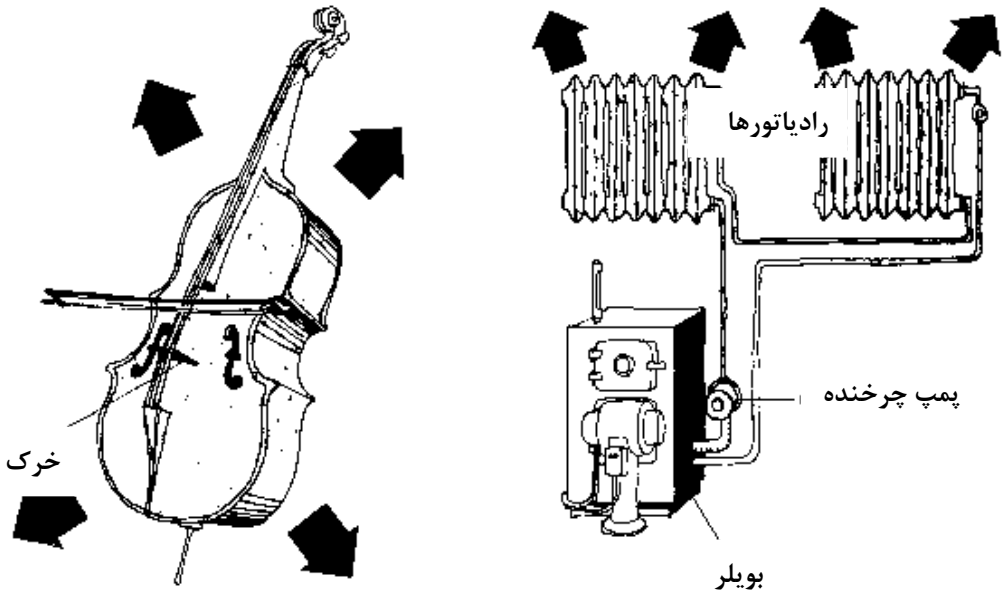
(شکل13)

A2- رفتار صوت – عامل تولید صوت:

صدای هوابرد معمولا بوسیله ارتعاش در جامدات یا آشفتگی در سیالات روی می دهد.

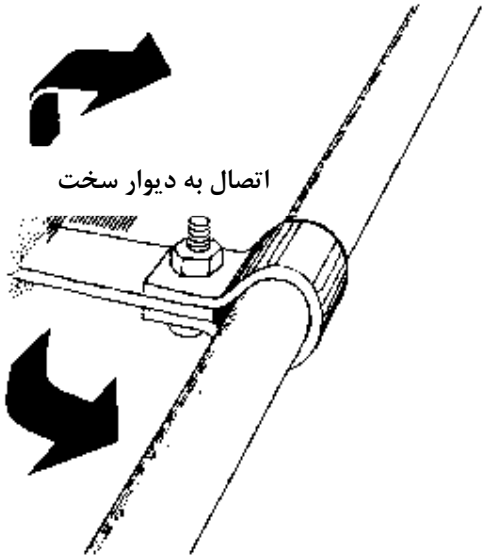
برای مثال ،ارتعاش رشته های سیمی در وسایل موسیقی از خرک به محفظه های توخالی آنان انتقال یافته و سپس به هوا انتقال می یابد

یک پمپ چرخشی،که در سیستم گرمایشی آب اختلاف فشار ایجاد می کندتولید صدا کرده ،امواج صدا از میان لوله ها به رادیاتورها منتقل می شود سپس سطوح فلزی بزرگ رادیاتور، صدا را به هوا منتقل می کند. به شکل صفحه بعد توجه کنید.



(شکل14)

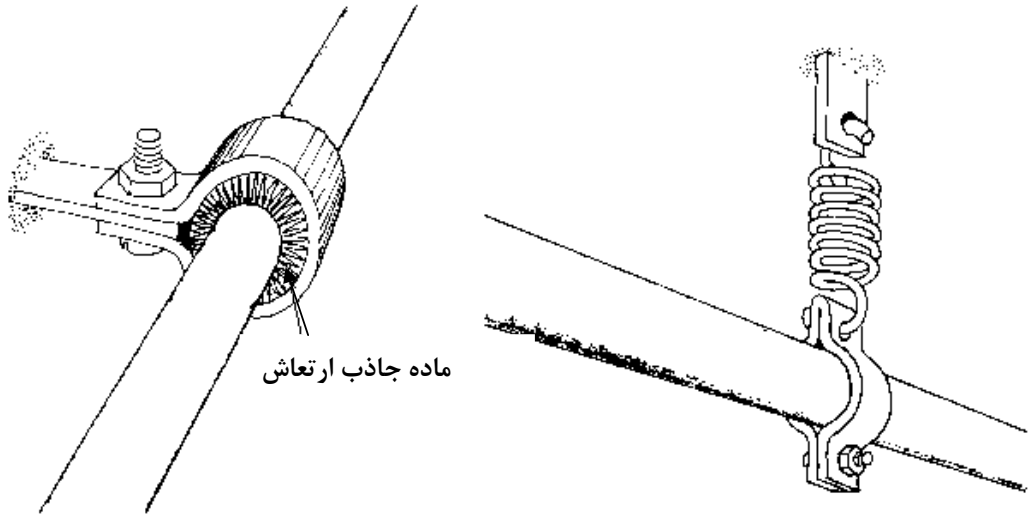
مثال:سیال متلاطمی که از میان لوله عبور میکند صدا تولید میکندکه این صدا می تواند از لولـه ها منتقل شده و حتی به ساختار بنا ، انتقال یابد .



(شکل15)

اقدام کنترلی: به منظور کاهش تلاطم در لوله ، می توان لوله را با مواد جاذب صوت پوشاند.ارتعاش میتواند از طریق دیوار یا سقف ، با مکانیسمهای اتصال قابل ارتجاع مهار شود.

(شکل16)

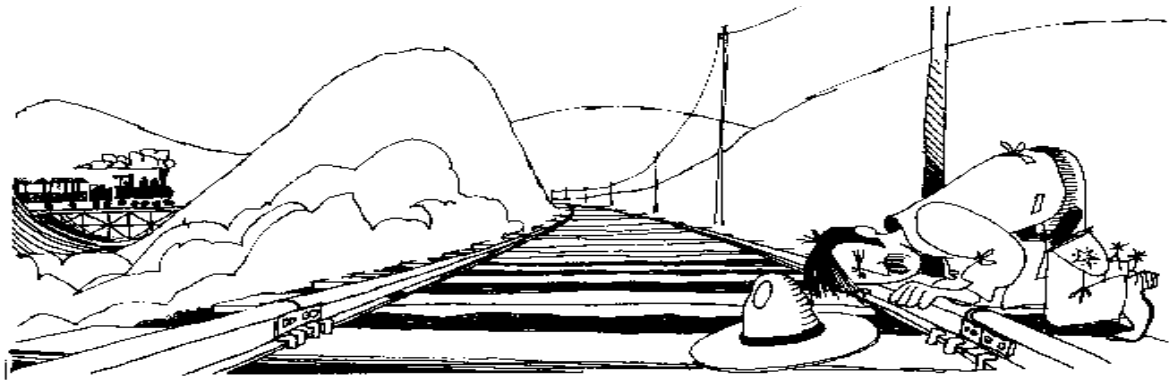


A3-رفتار صوت – عامل تولید صوت:

ارتعاشات بعد از گذراز فواصل طولانی می توانند صدا تولید کنند.

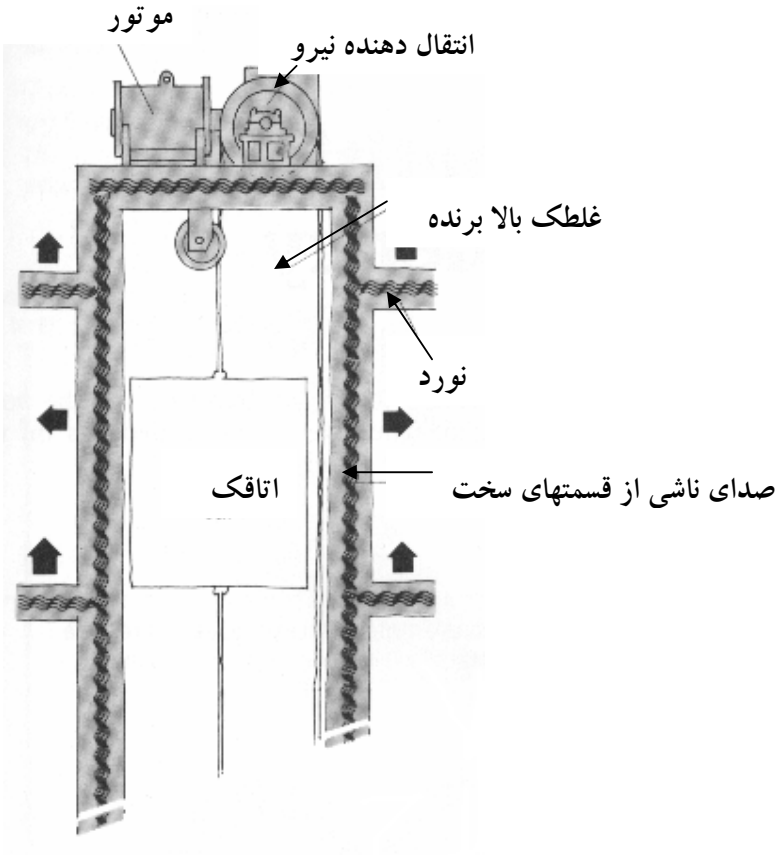
قبل از تولید صدای هوابرد،ارتعاشات میتوانند در جامدات ومایعات فواصل زیادی را طی کنند.بنابراین ارتعاشات میتوانند باعث تشدید در ساختارهای دور دست شوند.

به عنوان یک اصل:ارتعاشات ناشی از عبور یک قطار در طول ریل به طور قابل توجهی در فواصل دور قابل شنیدن است

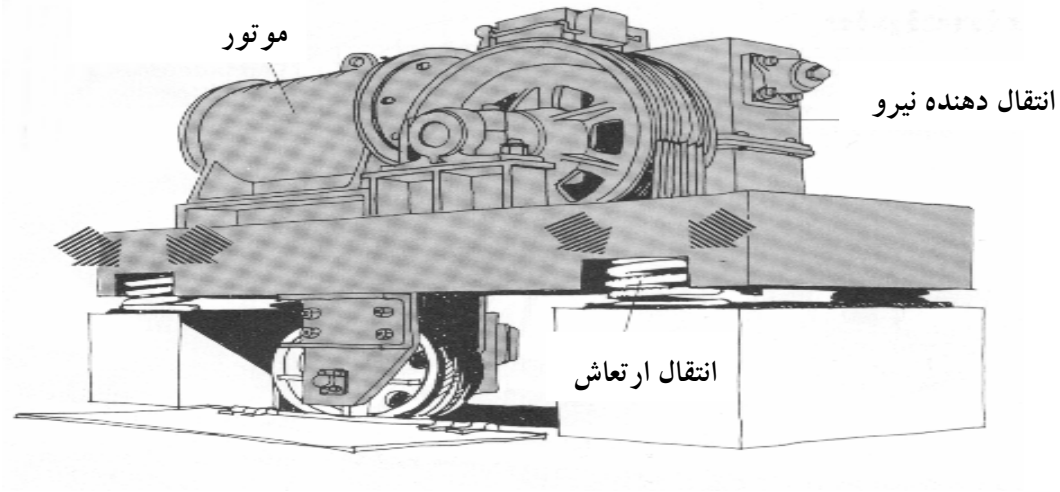


(شکل16)

مثال:ارتعاشات ناشی از یک آسانسور از ساختمان می گذرند .(شکل17)



راه حل کنترلی: قسمت به حرکت در آورنده آسانسور،می تواند ازساختمان ایزوله(جدا)شود.



(شکل18)

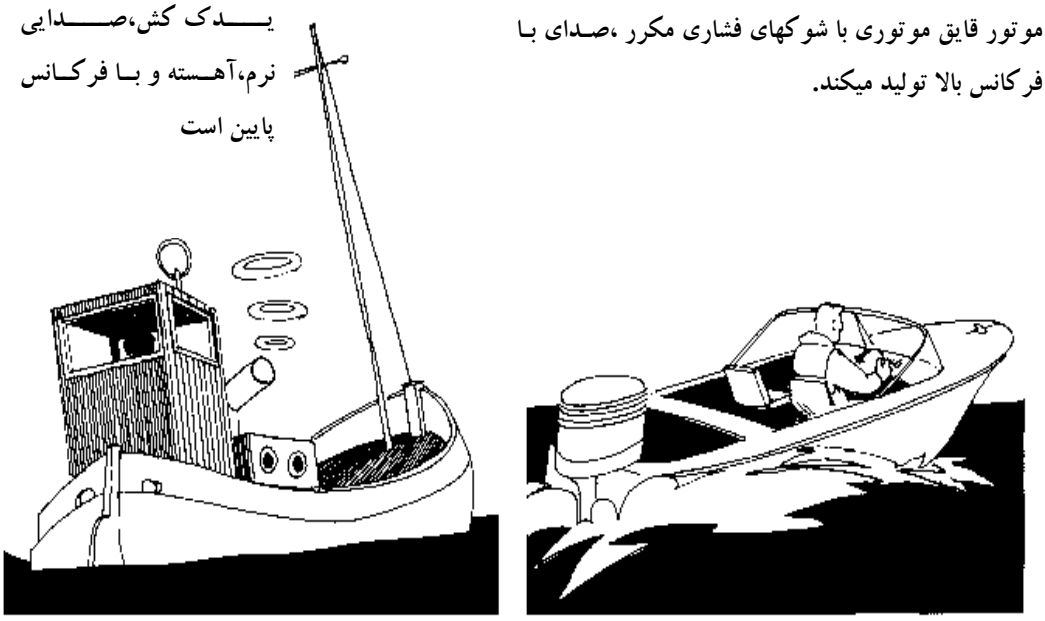
A4-رفتار صوت – فرکانسهای بالا وپایین

تکرار آهسته تر ، فرکانس پایین تر

تراز صدا با فرکانس پایین ناشی از یک منبع صوت، اصولا بوسیله تغییرات در فشار،نیرو وسرعت تکرار مشخص می شود .هرچه زمان بین تغییرات طولانی تر باشد،صدای با فرکانس پایین تری تولید میشود .تراز صدا به مقدار تغییرات وابسته است.

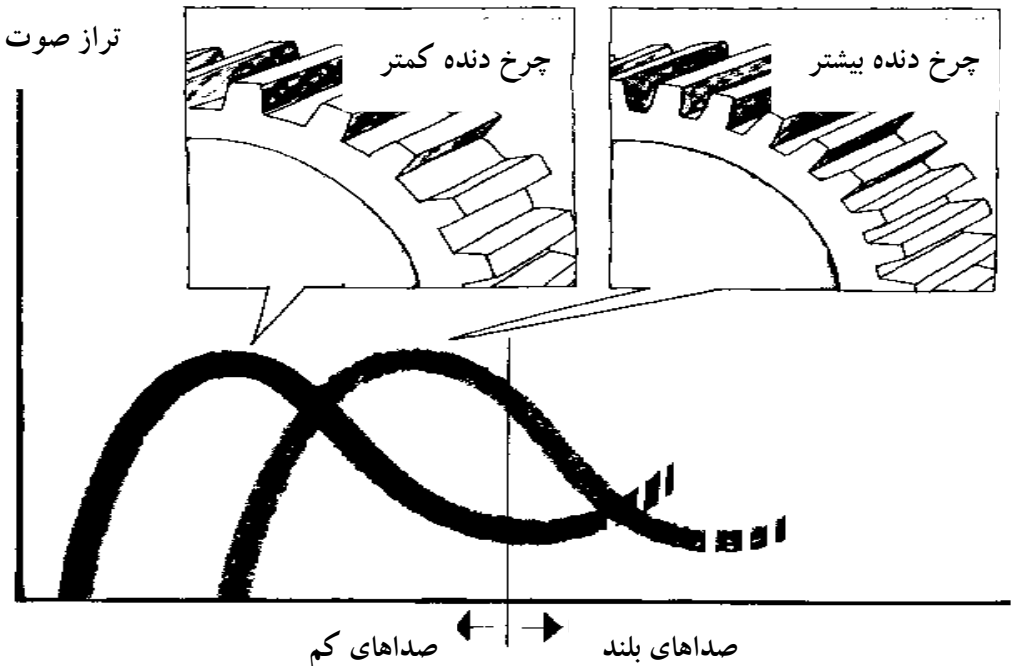
به عنوان یک اصل:صدای خارج شده از یک قایق یدک کش،صدایی نرم،آهسته و با فرکانس پایین است

موتور قایق موتوری با شوکهای فشاری مکرر ،صدای با فرکانس بالا تولید میکند.



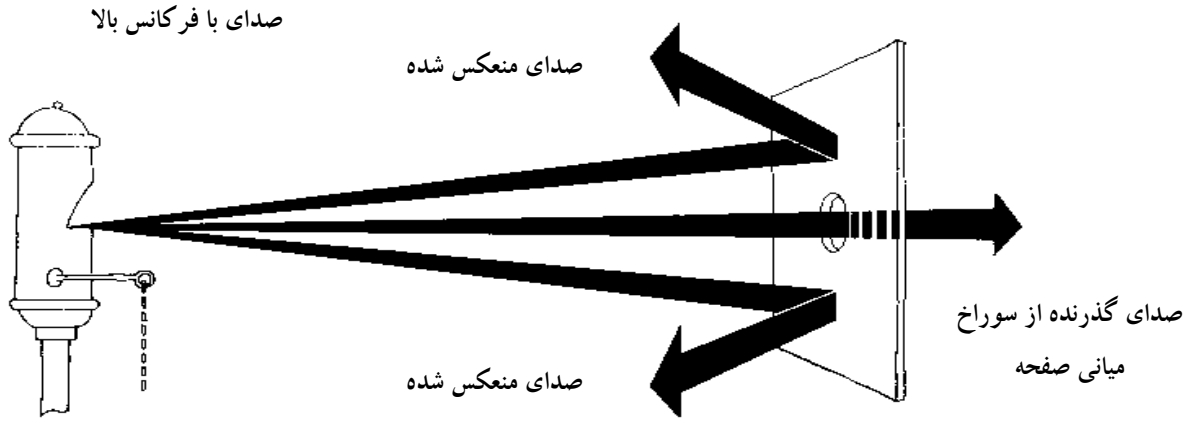
(شکل19)

مثال:دو چرخ دنده با قطرهای یکسان، ولی با تعداد دنده های متفاوت وجود دارند .اگـر آنهـا بـا سرعت یکسان بچرخند،چرخ دنده با دنده های کمتر، صدای کمتری تولید میکند.(شکل20)

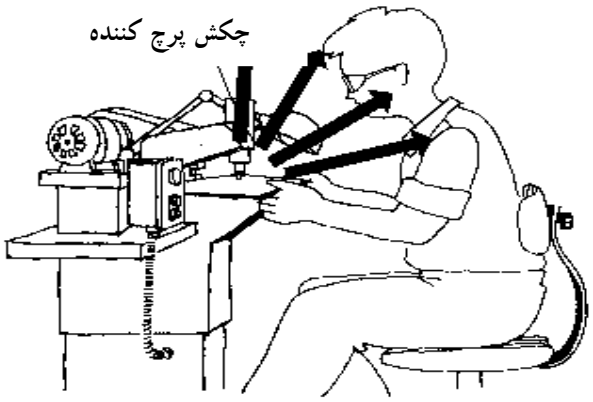


A5-رفتار صوت – فرکانسهای بالا وپایین

فرکانس صوتی بالا ، شدیدا قابل هدایت است و به آسانی منعکس میشود.(شکل21)

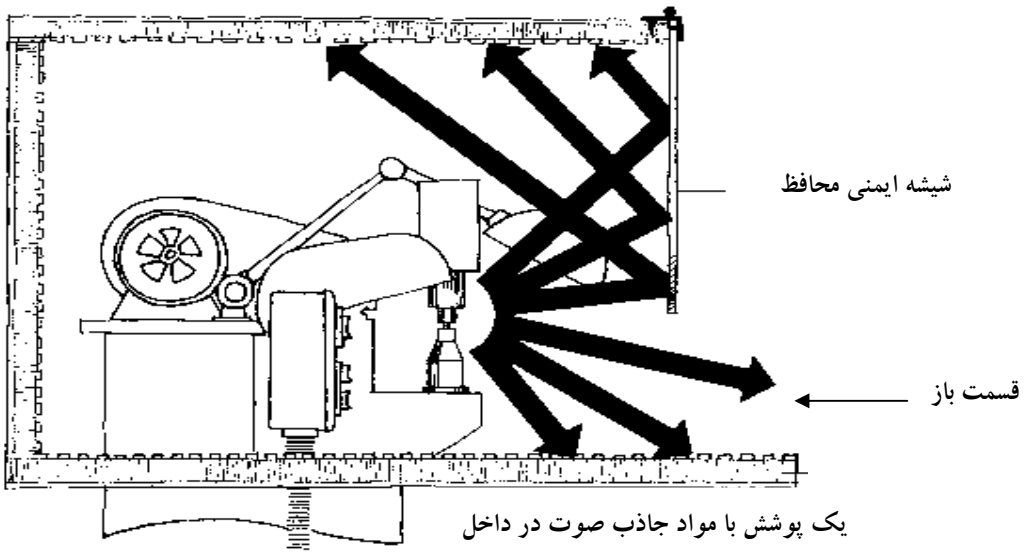


مثال:فرکانسهای بالای صوت مستقیما از ماشین پرچ کننده ،به سمت گوش کارگران میروند.



(شکل22)

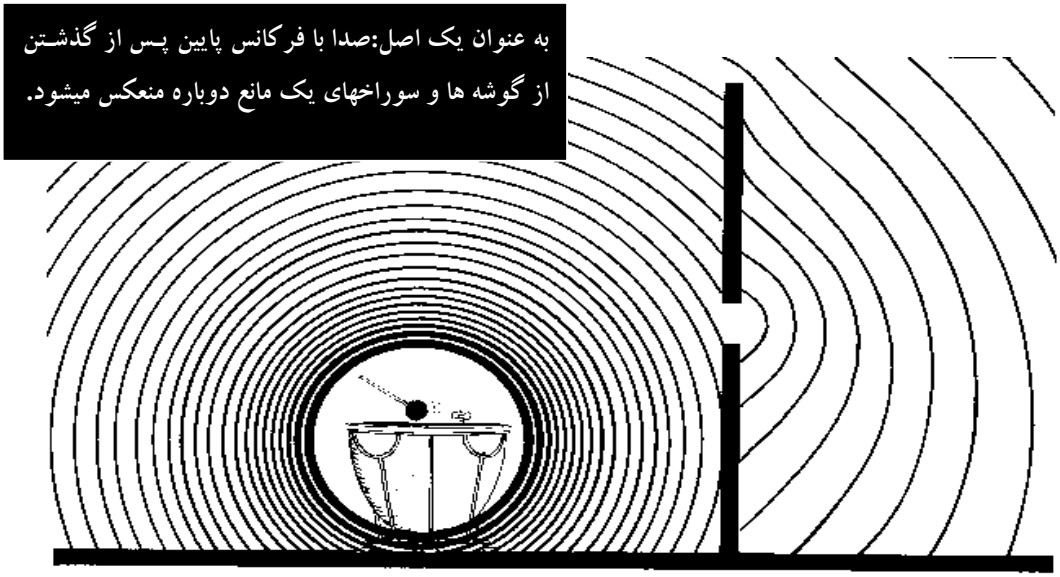
اقدام کنترلی:یک پوشش ایزوله کننده صدا، طوری که این پوشش، از قسمت تحتانی ماشین باز باشد در اطراف چکش پرچ کننده ساخته میشود.این پوشش از داخل با مواد جاذب صوت ، آستر شده است.کمی بالا تر از قسمت باز ،با شیشه ایمنی پوشانده شده است. هنگامی که صدا می خواهد به سمت گوش کارگر برود،این شیشه آن را به سمت جاذبهای صوت منعکس میکند.(شکل23)



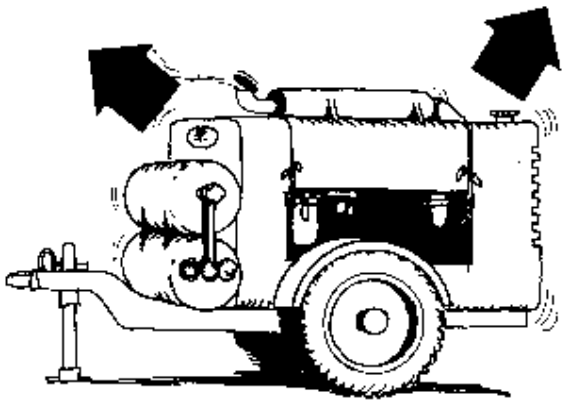
A6-رفتار صوت – فرکانسهای بالا وپایین

صدای با فرکانس پایین،از اطراف اشیاء وازمیان قسمتهای باز میگذرد.

صدای با فرکانس پایین تقریبا با تراز یکسانی در تمام جهات منتشر می شود.این صدا از گوشه هاو ازمیان سوراخها میگذرد و پس از گذشتنش درهمه جهات انتشار می یابد .
پوشش برای منبع اثر کمی خواهد داشت مگر اینکه خیلی بزرگ باشد.

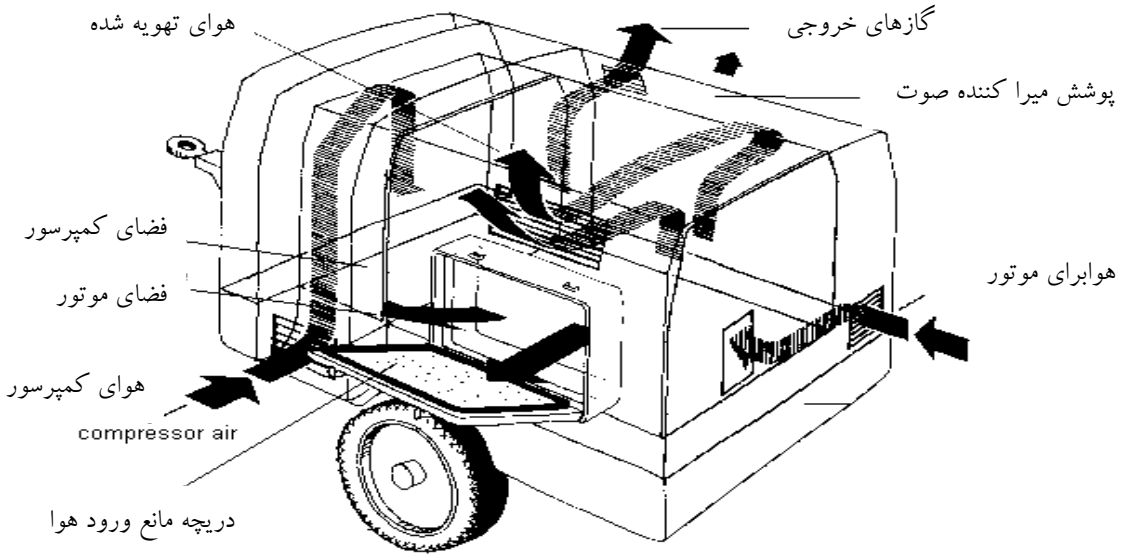


مثال:کمپرسورهاوموتورهای دیزلی درون آنها،هردو ممکن است صدای فرکانس پایین شدیدی ایجاد کنند.حتی اگر برای برای کنترل صدا ،در سطوح داخلی و خارجی آنها از انباره های صوتی(mufflers) استفاده شود،باز هم روند تولید صوت ادامه خواهد داشت.شکل صفحه بعد را ملاحظه کنید .



کمپرسوری که صدای آن کنترل نشده است

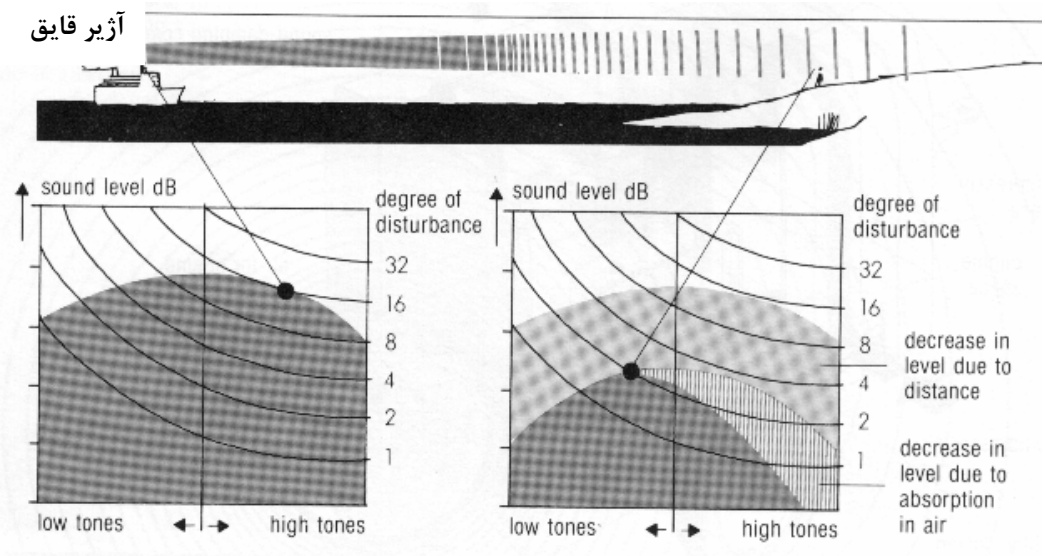
اقدام کنترلی:یک محصور کننده کامل،که با مواد جاذب صوت آستر شده است.می تواند به حل مسئله کمک کند.هوا و گازهای خروجی باید از مافلرهایی که از قسمتهای کانالی شکل با دیواره های جاذب صوت ساخته شده اند بگذرد



A7-رفتار صوت – کاهش در هوا

صداهای با فرکانس بالا ، با عبور از هوا به میزان قابل توجهی کاهش می یابند.

صدای با فرکانس بالا،نسبت به صدای با فرکانس پایین،با عبور ازهوا کاهش بیشتری نشان میدهد.به همین دلیل ایزوله کردن آن راحت تر است.اگر یک منبع صوت باعث ایجاد مشکل در محیط پیرامون خود نمیشود،تبدیل فرکانس صوتی این منبع به فرکانسهای بالاتر عمل با ارزشی است.



صدای آژیر قایق برای افرادی که در عرشه هستند خیلی بلند به نظر می رسدوبا افزایش فاصله کاهش می یابد

مثال:صدای با فرکانس پایین ناشی از فنهای پشت بامی در یک ساختمان صنعتی،ساکنان خانه های مسکونی را در فاصله $\frac{1}{4}$مایل دورتراذیت میکند.(شکل صفحه بعدا را ملا حظه کنید).

مثال:

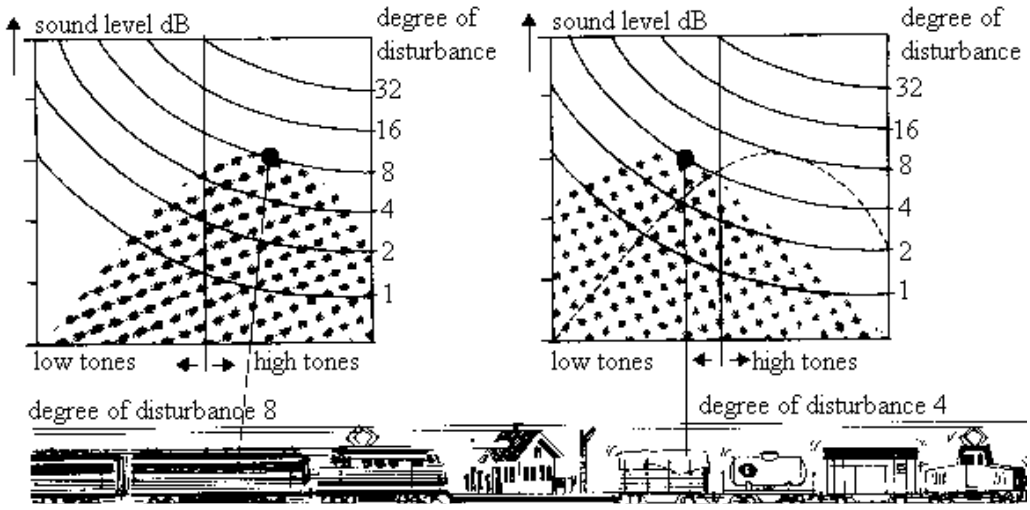
مجموعه های مسکونی **فن پشت بامی با تیغه های کم**

اقدام کنترلی:فنهای پشت بامی را میتوان با فنهای دیگر با ظرفیت یکسان ولی تعداد تیغه های بیشتر تعویض کرد.این کار باعث کم شدن صدای فرکانس پایین و زیاد شدن صدای فرکانس بالا می شود.صدا با فرکانس پایین ایجاد آزار کرده ولی صدا با فرکانس بالا توسط فاصله کاهش می یابد.

مجموعه های مسکونی **فن پشت بامی با تیغه های زیاد**

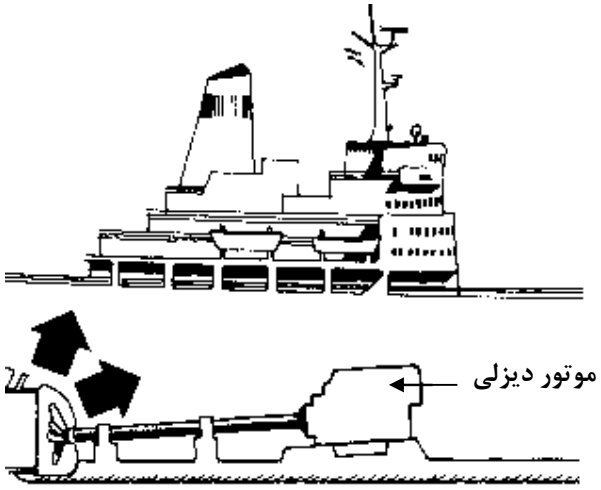
A8-رفتار صوت – چگونه صوت آزار می دهد؟

گوش انسان به فرکانسهای پایین نسبت به فرکانسهای بالا حساسیت کمتری نشان می دهند.اگر کاهش صدا امکان پذیر نیست،ممکن است بتوان صدا را به فرکانسهای پایین تر تغییر داد .



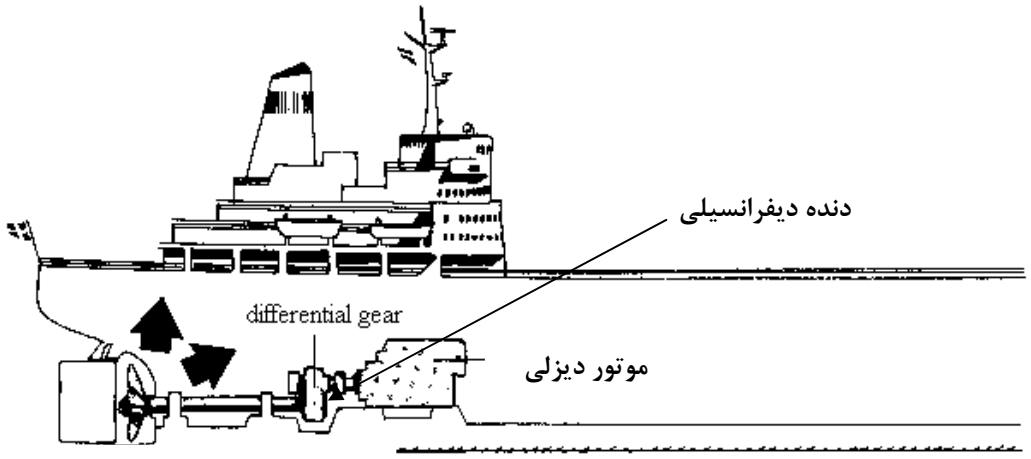
دو قطار در حال حرکت هستند که صدای یکسانی دارند اما هنگامی که یکی تند تراز دیگری حرکت می کند صدای با فرکانس بالاتری تولید میکند .

مثال:موتور دیزلی یک کشتی با سرعت 125rpm عمل میکند و مستقیما به پروانه کشتی وصل میشود و باعث آزار افراد روی عرشه می شود.



پروانه،گردش 125rpm

اقدام کنترلی: یک دنده دیفرانسیلی بین موتور وپروانه قرار گرفته است .برای اینکه موتور بتواند با سرعت 75rpm کار کند .پروانه بزرکتری جایگزین پروانه قبلی شده است .
صدا به فرکانس پایین تر تبدیل شده و آزردگی کمتری ایجاد می کند.

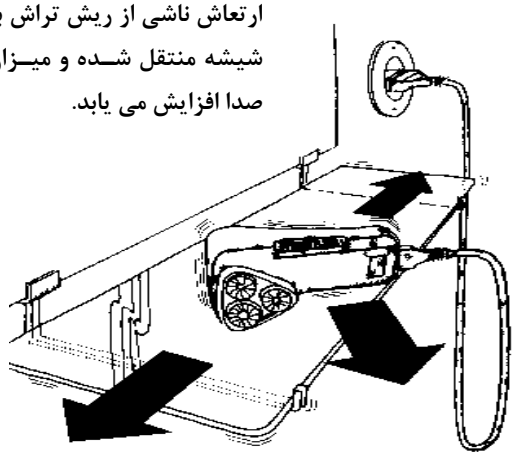


پروانه بزرگتر،گردش75rpm

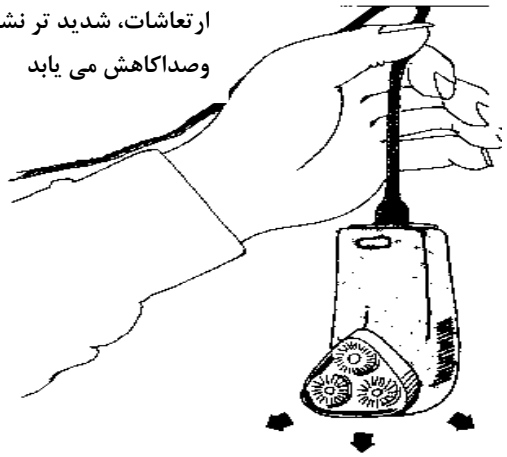
B1- صدای ناشی از صفحات مرتعش – اندازه و ضخامت

سطوح مرتعش کوچک نسبت به سطوح مرتعش بزرگ صدای کمتری ایجاد میکنند.
ممکن است یک سطح کوچک بدون ایجاد مقایر بالای صدا ، به شدت مرتعش شود.برای جلوگیری از آزار صوتی در فرکانسهای بالا ، سطوح باید کوچکتر باشند.از آنجایی که ماشینها همواره تاحدودی دارای ارتعاش هستند،کنترل صدا زمانی به کمک ما خواهد آمد که ماشینها تاحد ممکن کوچک نگه داشته شوند.

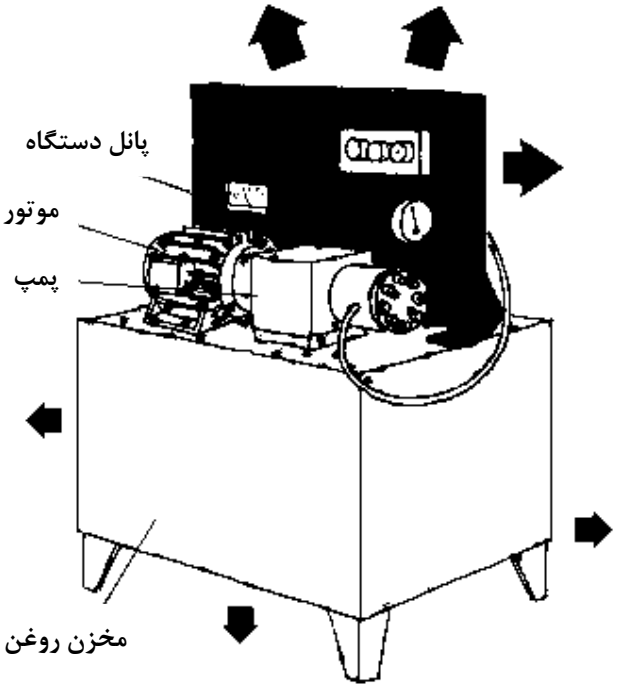
ارتعاش ناشی از ریش تراش به شیشه منتقل شده و میزان صدا افزایش می یابد.



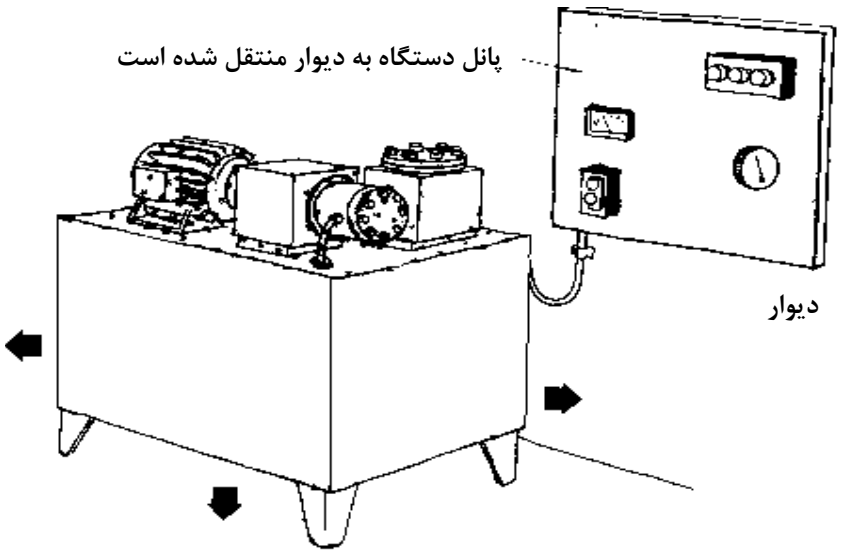
ارتعاشات، شدید تر نشده وصداکاهش می یابد



مثال: صدای خیلی زیادی از کنترل پانل سیستم هیدرولیکی ایجاد میشود.

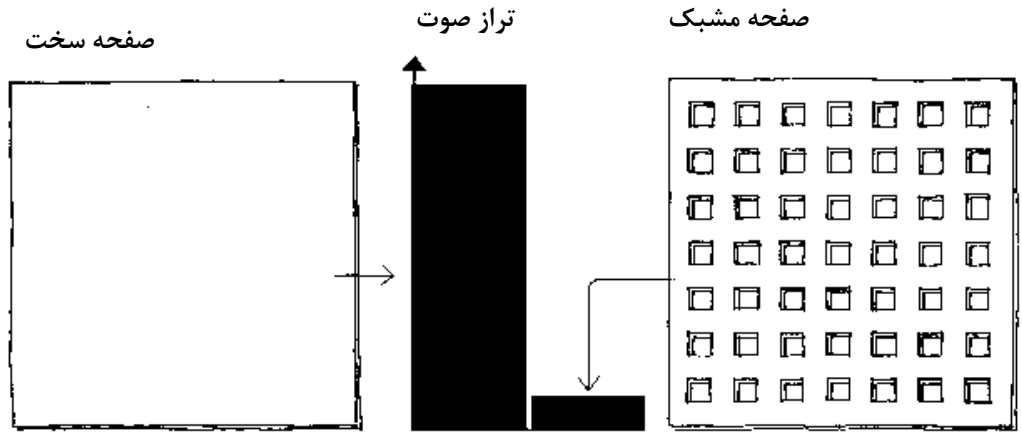


اقدام کنترلی: پانل دستگاه از سیستم جدا شده ، سطح مرتعش کاهش می یابد و در پی این اقدام صدا کاهش می یابد.

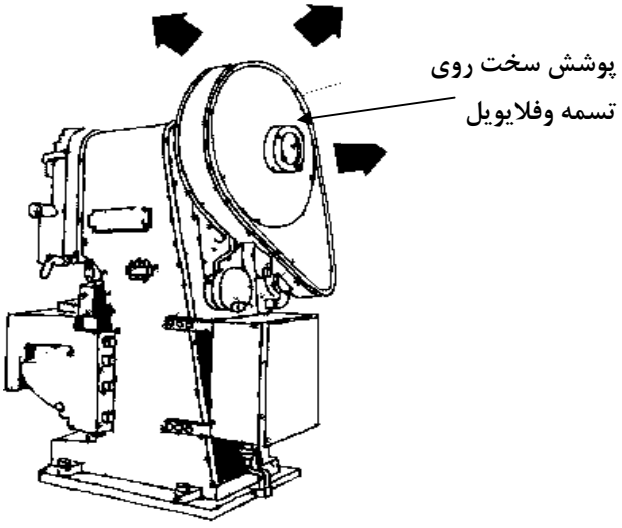


B2- صدای ناشی از صفحات مرتعش – اندازه و ضخامت

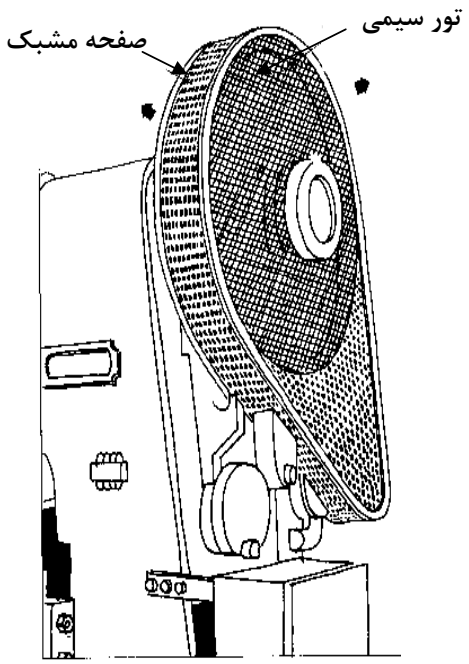
صفحات متراکم مشبک صدای کمتری تولید می کنند.اکثر مواقع از به کار بردن صفحات مرتعش بزرگ نمی توان اجتناب کرد.صفحه مرتعش مانند پیستون یک پمپ، مکررا هوا را جا به جا می کند.اگر صفحه به حالت مشبک در آید،پیستون(صفحه مرتعش)،دچار نشت شده وعملیات پمپ کردن،ضعیف می شود.تغییرات در ساختار صفحات برای مشبک کردن آن، شامل سوراخ سوراخ کردن ،توری و تور سیمی ایجاد کردن می باشد .



مثال:پوشش روی فلایویل و تسمه چرخاننده پرس ، یک منبع تولید کننده صدا به شمار می رود.این پوشش از صفحات فلزی سخت، ساخته شده است.



اقدام کنترلی:پوشش جدید برای این دستگاه، از صفحات فلزی مشبک و تور سیمی ساخته شده است در نتیجه صدا کاهش می یابد.

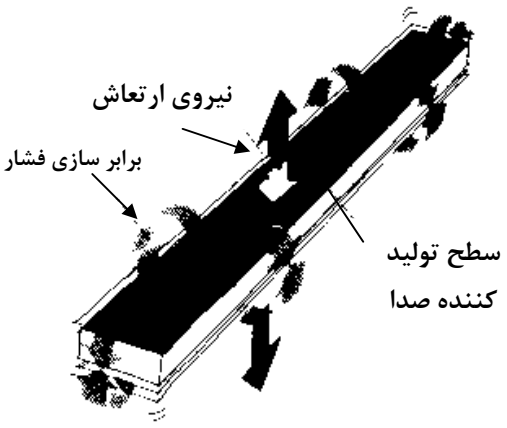


B3- صدای ناشی از صفحات مرتعش – اندازه و ضخامت

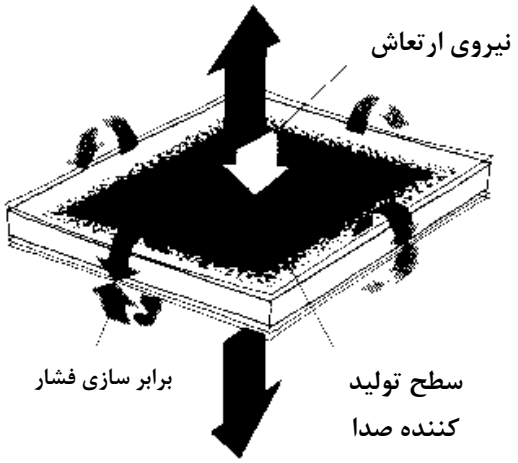
یک صفحه باریک وکشیده از یک صفحه مربع شکل،صدای کمتری تولید می کنند .

هنگامی که یک صفحه از درون دچار ارتعاش می شود،فشار هوای مازاد ،ابتدا در یکی از جوانب صفحه و سپس در تمام جوانب صفحه شکل می گیرد.صدا از همه جوانب به گوش می رسد. اختلاف فشار در نزدیکی لبه ها،بالانس می شود.از اینرو انتشار صوت از لبه ها ، ناچیز است.بنابراین یک صفحه دراز وکشیده ،صدای کمتری ایجاد میکند.

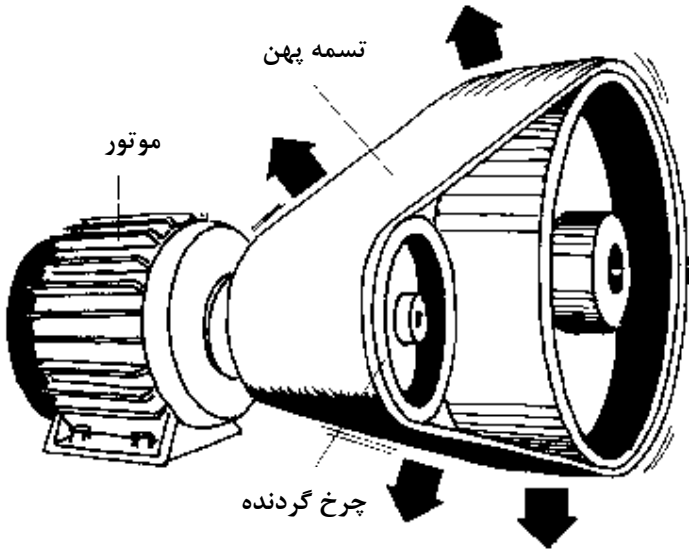
صفحه مرتعش باریک وکشیده



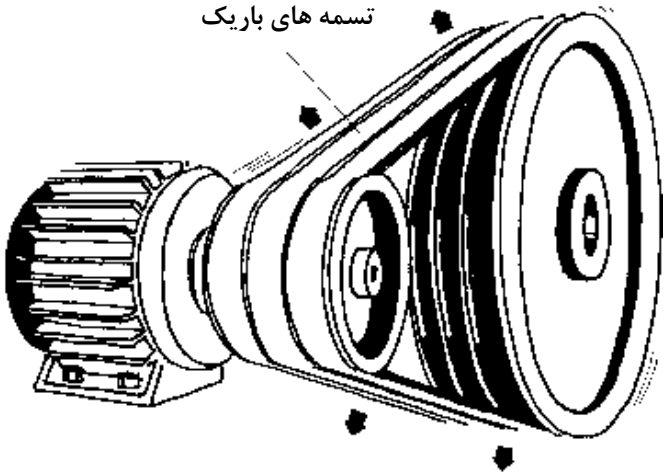
صفحه مرتعش مربع شکل



مثال:یک تسمه گردنده،به دلیل داشتن پهنا، مقادیر زیادی صدای با فرکانس پایین تولید میکند.



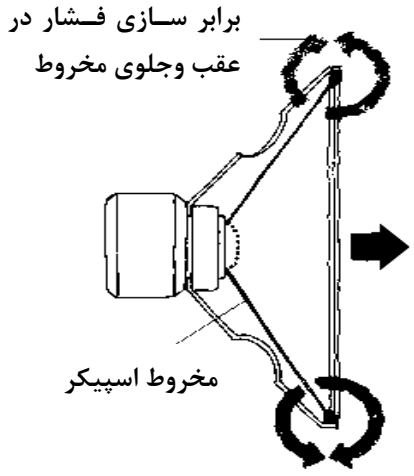
اقدام کنترلی: تسمه گردنده پهن،با استفاده از چند شیار جداکننده، با تسمه های باریک تعویض میشود. این کار باعث کاهش صدا میشود.

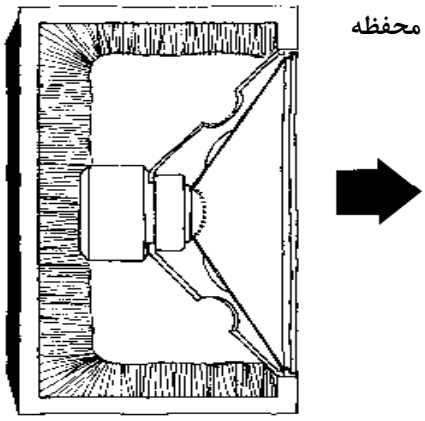


B4- صدای ناشی از صفحات مرتعش – اندازه و ضخامت

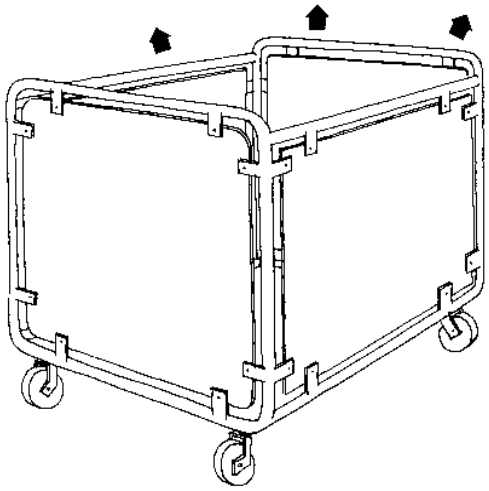
صفحات با لبه های آزاد صدای فرکانس پایین کمتری ایجاد می کنند .

اگر یک صفحه با لبه های آزاد ارتعاش کند،بین دو گوشه صفحه ،برابر سازی فشار رخ می دهدوبدین طریق انتشار صدا کاهش می یابد.مهار کردن گوشه ها از برابر سازی فشار جلوگیری کرده وانتشار صدا مخصوصا در فرکانسهای پایین بیشتر می شود.برای مثال:اگر اسپیکرها در یک محفظه محصور شوند، صدای باس(بم)بیشتری تولید می کنند.

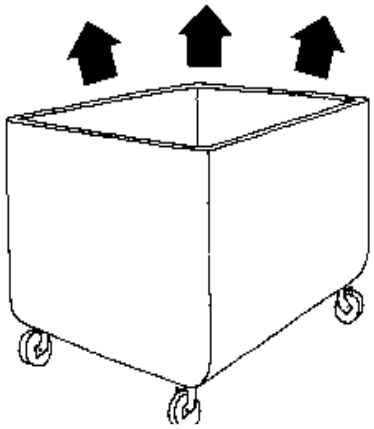




مثال: هنگامی که یک گاری حمل کننده،به جلو رانده می شود ضربه های وارده به کف ،باعث تولید صدا ،از صفحات پایینی و کناری گاری می شوند.همچنین هنگامی که مواد به دیواره های جانبی گاری برخورد میکنند صدا تولید می کنند.برابر سازی فشار فقط در گوشه های بالایی صفحات جانبی رخ می دهد.(شکل الف)



شکل ب

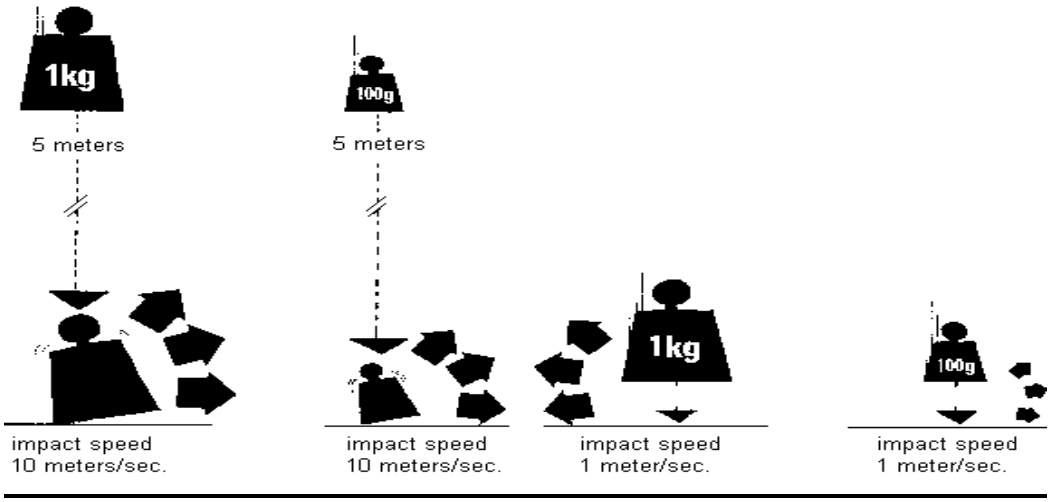


شکل الف

اقدام کنترلی:دیواره های گاری با انواع جدیدتر،که با قاب لوله ای ساخته شده اند جایگزین میشوند.صفحات با یک فاصله نسبت به قاب لوله ای در جای خود قرار می گیرند.
برابر سازی فشار در سرار لبه ها رخ داده وصدای فرکانس پایین کمی ایجاد می شود.(شکل ب)

B5- صدای ناشی از صفحات مرتعش – برخورد وتصادم

اشیاء سبک وبا سرعت پایین،کمترین صدای ناشی از برخورد را ایجاد می کنند

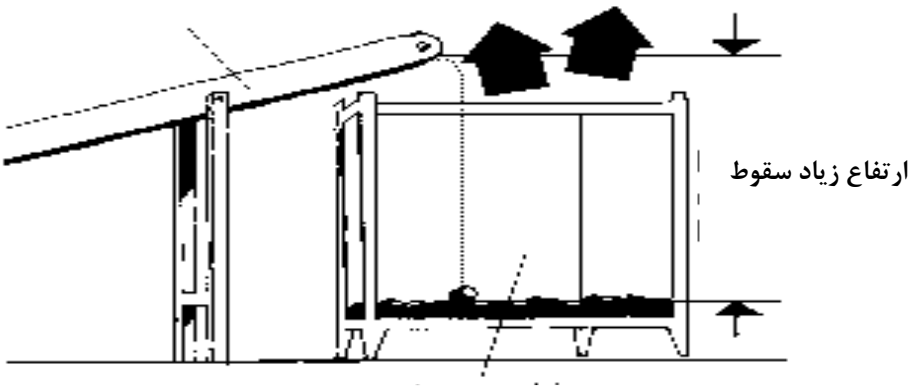


سقوط وزنه ها با اجرام ، سرعتهای برخورد و ارتفاعات سقوط متفاوت

هنگامی که یک صفحه بوسیله شیئی مورد اصابت واقع می شود ، صفحه مرتعش شده و تولید صدا میکند .تراز صدا بوسیله وزن،وسرعت برخورد شیئ با صفحه تعیین میشود.اگر ارتفاع سقوط یک شیئ از 5m (16ft) به 5 cm (2inch) کاهش یابد تراز صدا در حدود 20 دسیبل کاهش نشان می دهد.

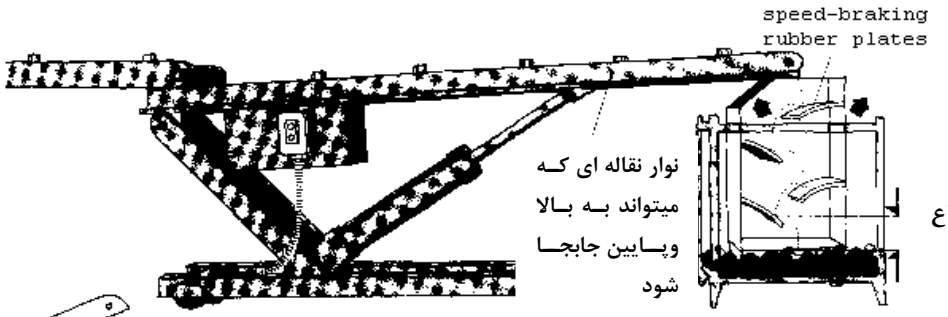
مثال:صفحات فولادی از یک ماشین به یک جعبه انتقال داده میشوند.هنگامی که جعبه خالی است ارتفاع سقوط زیاد است و صدای زیادی تولید می شود.

نوار نقاله با ارتفاع ثابت



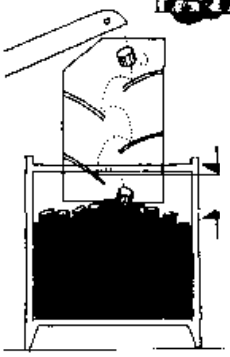
ارتفاع زیاد سقوط

اقدام کنترلی:برای تنظیم ارتفاع یک سیستم هیدرولیکی نصب میشود .با این کار ،نوار نقاله می تواند بالا وپایین رود(ارتفاع قابلیت تنظیم دارد).در انتهای نوار نقاله صفحاتی قرار داده شده اند که روی آنها با مواد لاستیکی پوشانده شده است.قطعه پس از فرود آمدن از نوار نقاله به آنها برخورد کرده ،ارتفاع سقوط کم شده و صدا کاهش می یابد.



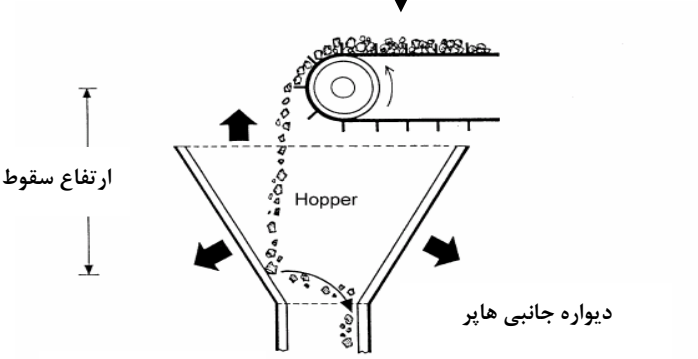
نوار نقاله ای که میتواند به بالا وپایین جابجا شود

کاهش ارتفاع سقوط

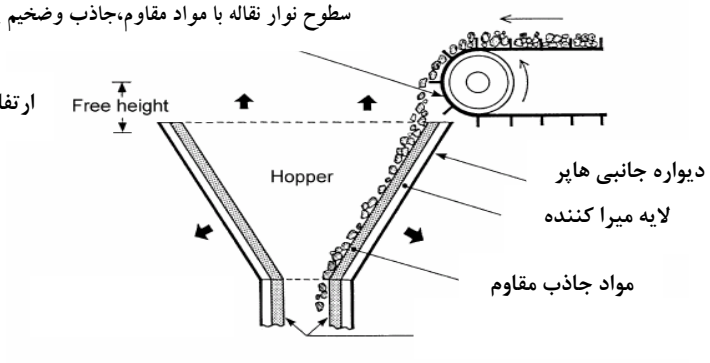


کاهش ارتفاع سقوط

نمونه ای دیگر :تخلیه در هاپر(مخزن)



سطوح نوار نقاله با مواد مقاوم،جاذب وضخیم پوشانده شده

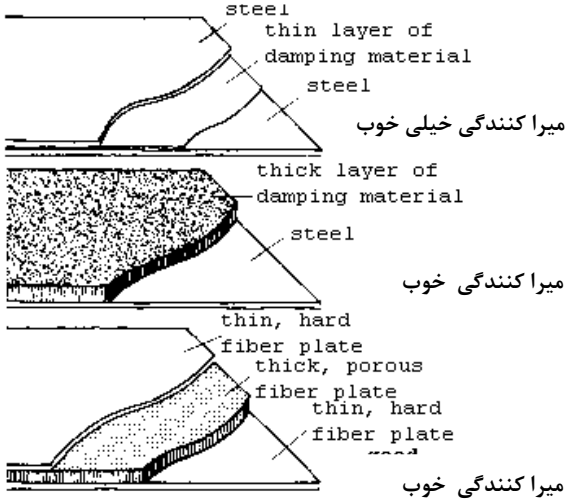


B6- صدای ناشی از صفحات مرتعش – میرا کنندگی داخلی

سطوح میرا شده صدای کمتری بیرون می دهند

ارتعاش از ضخامت یک صفحه عبور می کند .به تدریج میزان عبور ارتعاش کم می شود.اما در بسیاری از صفحات، این کاهش تدریجی کم است.در این موارد گفته می شود مواد قدرت میراکنندگی کمی دارند .برای مثال قدرت میراکنندگی داخلی استیل کم است .قدرت میرا کنندگی خوب می تواند از طریق اضافه کردن لایه های داخلی با قدرت میرا کنندگی بهتر ، به دست بیاید.

مثالهایی از میراکننده های دست ساز(مصنوعی)

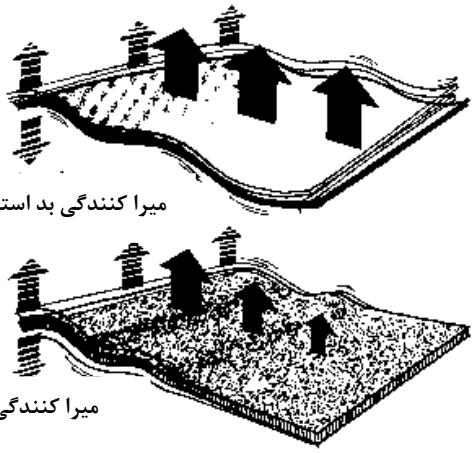


میرا کنندگی خیلی خوب

میرا کنندگی خوب

میرا کنندگی خوب

ارتعاش در صفحات استیل و سرب

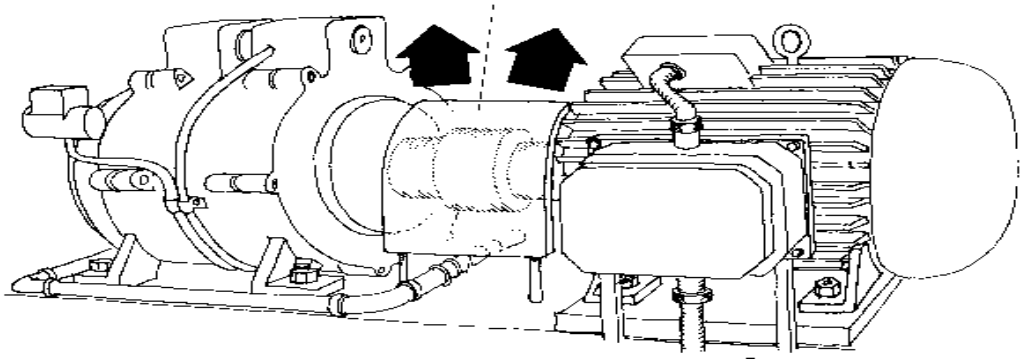


میرا کنندگی بد استیل

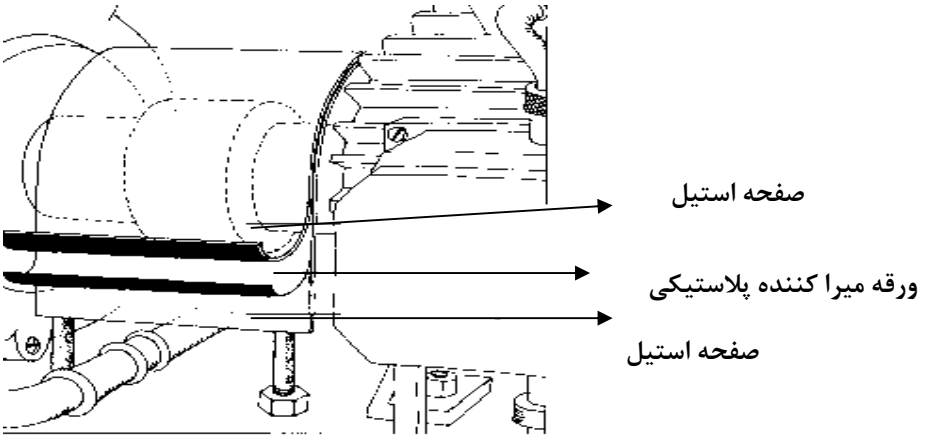
میرا کنندگی خوب سرب

مثال: بیشترین صدای ناشی از سیستم یک پمپ،از روکش محافظ کوپلینگ که از ورقه فلزی ساخته شده است ایجاد می شود.

روکش فلزی محافظ – مابین موتور وپمپ



اقدام کنترلی:تراز صوت از طریق ایزوله کردن روکش فلزی محافظ ،یا استفاده از فلزات میرا کننده در ساختمان آن ،کاهش می یابد.



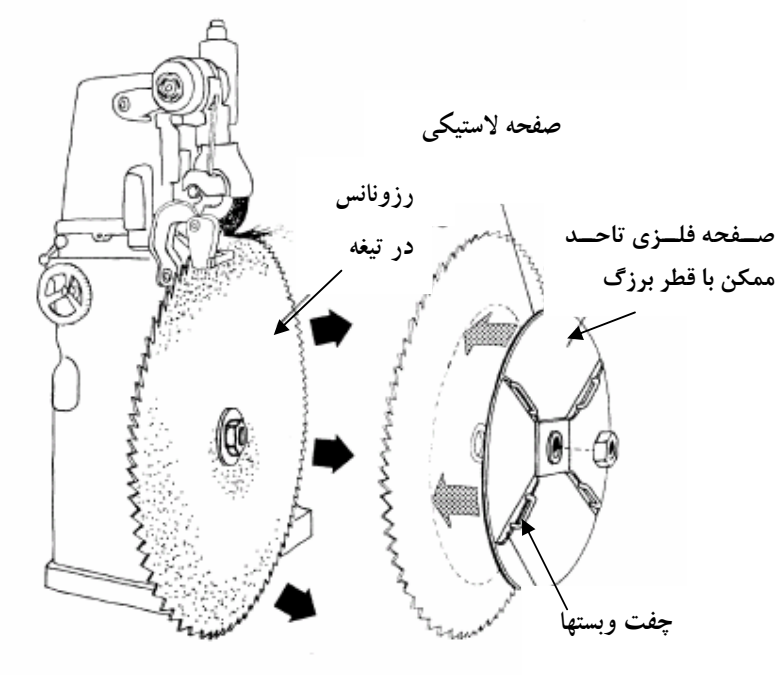
B7- صدای ناشی از صفحات مرتعش – رزو نانس

رزونانس می تواند باعث افزایش صدا شود اما می توان رزو نانس را میرا کرد .

رزونانس (آشفتگی) صدای ناشی از یک صفحه مرتعش را افزایش می دهد .اما می توان آن را از طریق میرا کردن صفحه ، متوقف کرد.اغلب ممکن است میرا کردن قسمتی از سطح کافی باشد و در بعضی موارد نایاب، میرا کردن یک نقطه ساده موثر است

مثال: یک ماشین که کار آن ایجاد دندانه های مورد نیاز برای اره های گرد است ،صدای رزونانسی شدیدی ایجاد میکند.

اقدام کنترلی:پوشاندن تیغ اره با اورتان لاستیکی ،که با یک سری چفت و بستها به تیغه وصل می شود.



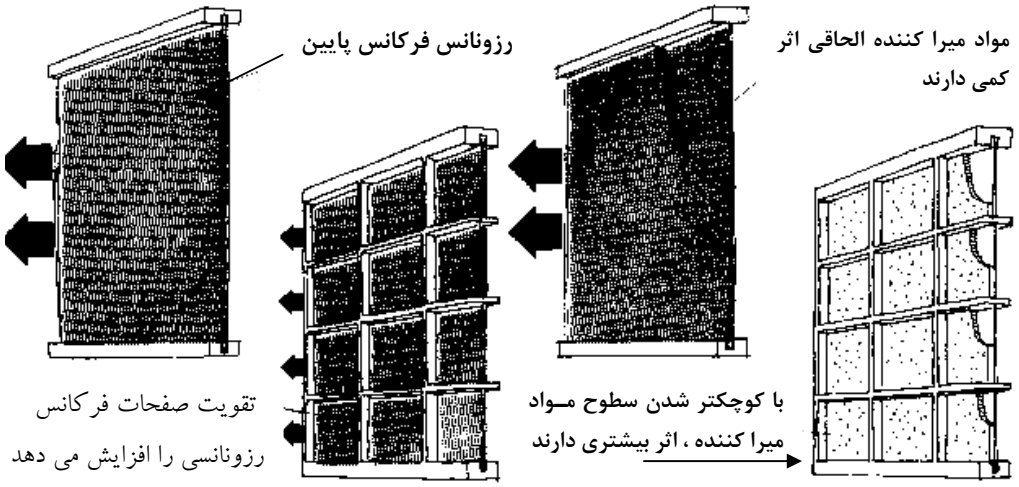
B8- صدای ناشی از صفحات مرتعش – رزو نانس

رزونانس تبدیل شده به فرکانس بالاتر خیلی راحت تر میرا می شود.

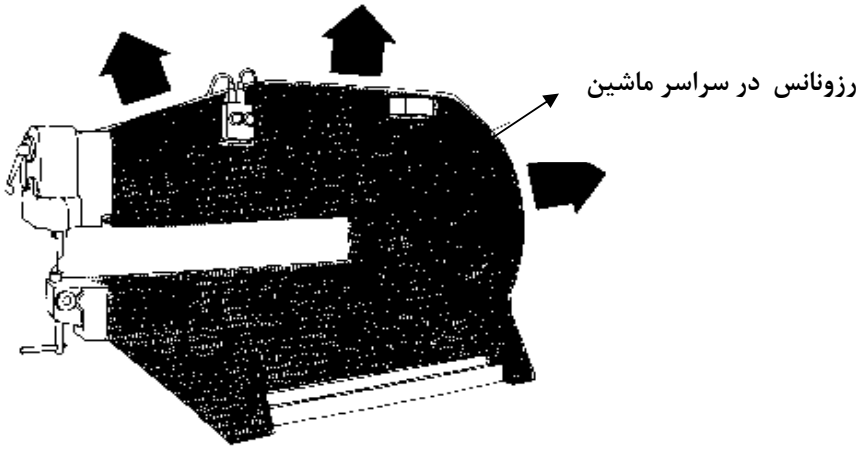
صفحات مرتعش بزرگ اغلب رزونانس فرکانسی پایینی دارند که میرا کردن آن می تواند مشکل باشد .اگر صفحه در جای خود محکم شود رزونانس به فرکانس بالا تغییر میکند که می تواند خیلی راحت تر کنترل شود.

(به اشکال صفحه بعد نگاه کنید)

(تبدیل رزونانس)

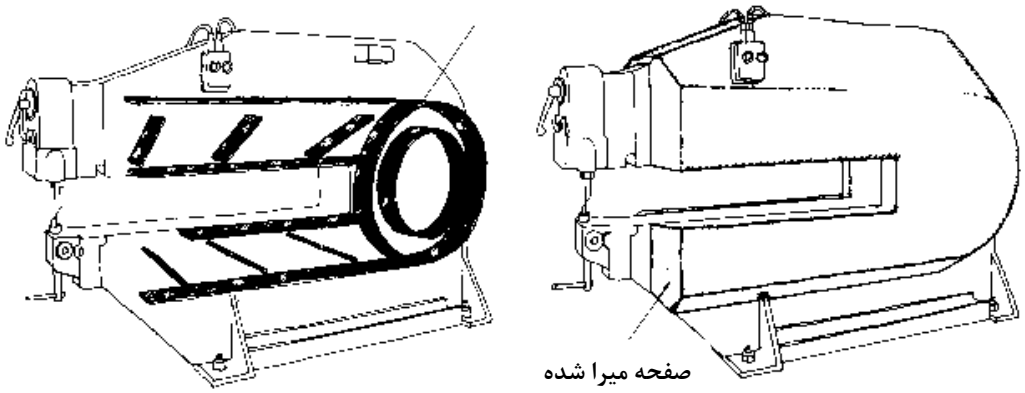


مثال:بیشترین صدای با فرکانس پایین در این ماشین ، از سطوح جانبی آن ایجاد می شود .



اقدام کنترلی:سطوح جانبی بوسیله تسمه های آهنی محکم شده اند.یک صفحه میرا شده روی بستها نصب شده است.(شکل صفحه بعد را ملاحظه کنید)

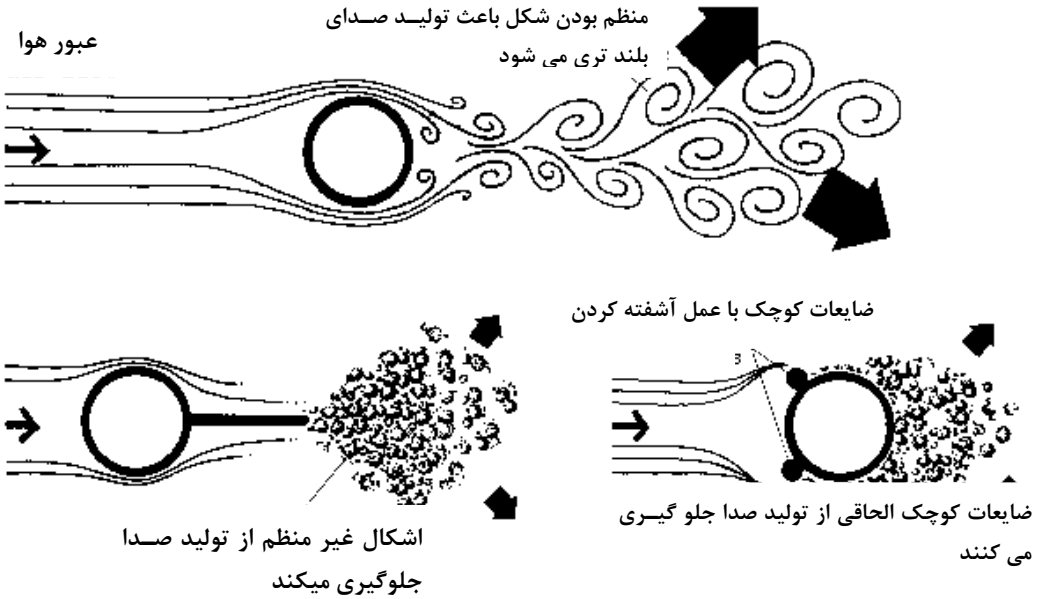
تسمه های آهنی(استحکامات)



صفحه میرا شده

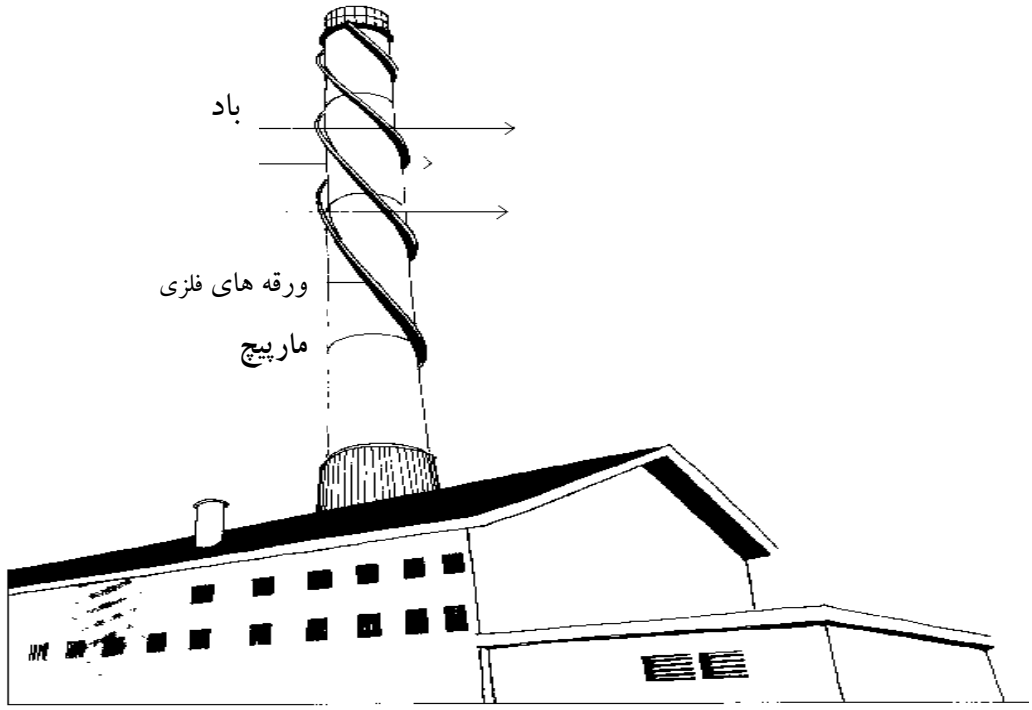
C1تولید صدادرهوا یا گازها :صداهای ناشی ازحرکت باد

هنگامی که هوا ازکنار یک شیئ با سرعت مشخص عبور می کند .یک صدای خالص قوی که به صدای کارمن(Karman tone) معروف است تولید می شود.این نوع صدا، می تواند با طولانی کردن شیئ در جهت جریان متوقف شود .مثلا با ایجاد یک دم یا بی نظم کردن شکل شیئ.
(صداهای ناشی از باد قابل حذف شدن هستند)



مثال:صداهای تولید شده بوسیله باد در سرعتهای مشخص،در اطراف دودکشهای بلند می تواند باعث آزار صوتی شود.

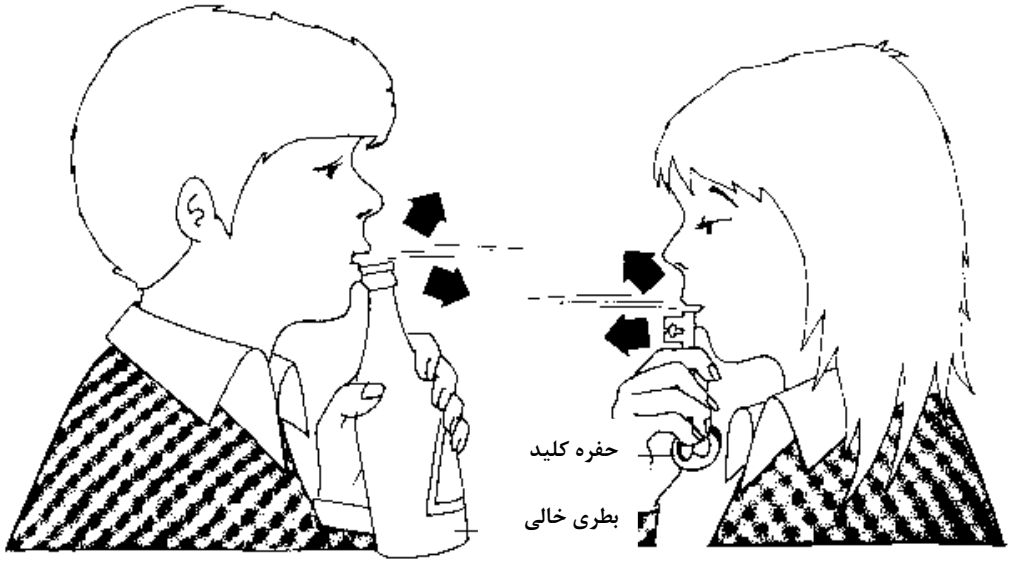
اقدام کنترلی: میتوان از یک نوار فلزی مارپیچ دورتادور دود کش استفاده کرد.شیب مارپیچ نباید ثابت باشد.در این حالت صرف نظر از جهت باد ،باد با یک شیئ نامنظم،روبرو می شود .



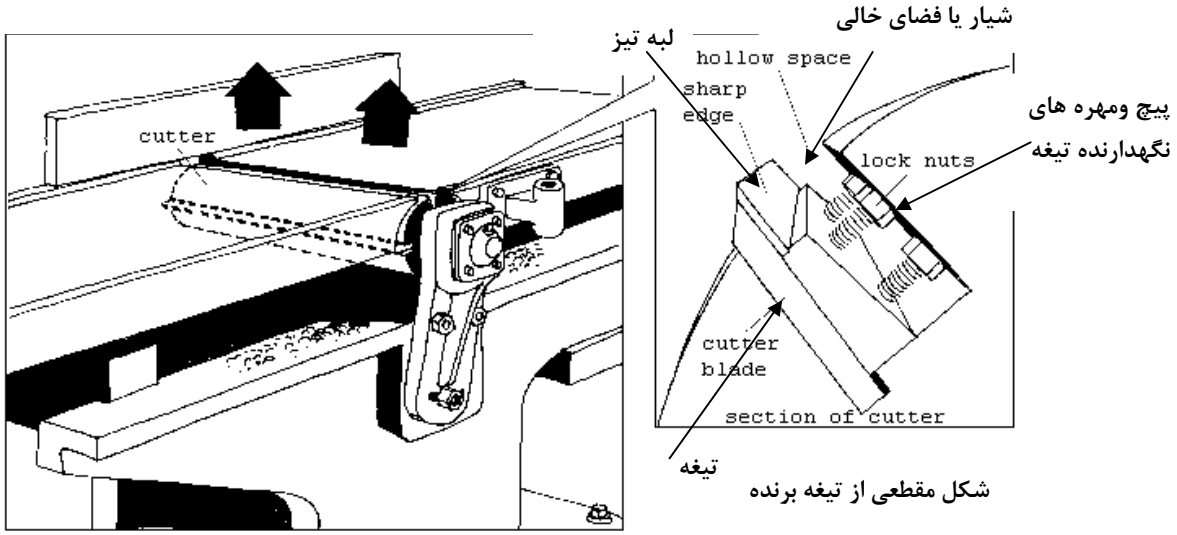
C2 تولید صدادر هوا یا گازها:صداهای ناشی ازحرکت باد

از عبور جریان هوا از دهانه های گود با ید اجتناب شود

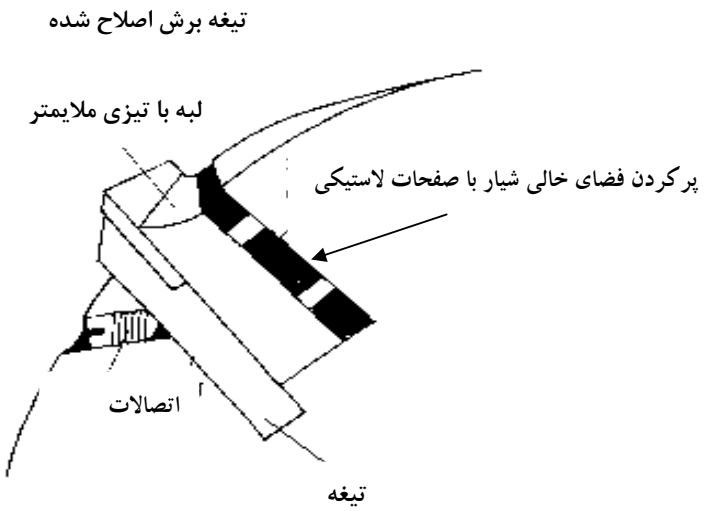
هنگامی که هوا یا سایر گازها از لبه های یک دهانه ، به گودی دمیده می شوند، صداهای خالص و بلندی تولید می کنند .این اصل چگونگی عملکرد وسایل بادی را بیان میکندهرچه حجم گودی بیشتر ودهانه ها کوچکتر باشد ،صدای با فرکانس پایین پایینتری خواهیم داشت.(شکل صفحه بعد را ملاحظه کنید)



مثال: (در شکل زیر) هنگامی که چرخ برنده ، تحت شرایط بدون بار می چرخد، صدا می تواند از شیاری که برای نگهداری تیغه صفحه ای تعبیه شده است،ایجاد شود.
جریان هوا ، با عبور از شیار صدای خالصی ایجاد میکند.



کوچکتر کردن محفظه بوسیله پرکردن فضای خالی شیار با صفحات لاستیکی، عمل عبور جریان در شیار راکاهش داده،و در پی این اقدام کنترلی،میزان صدا کاهش می یابد.(شکل صفحه بعد را ملاحظه فرمایید)

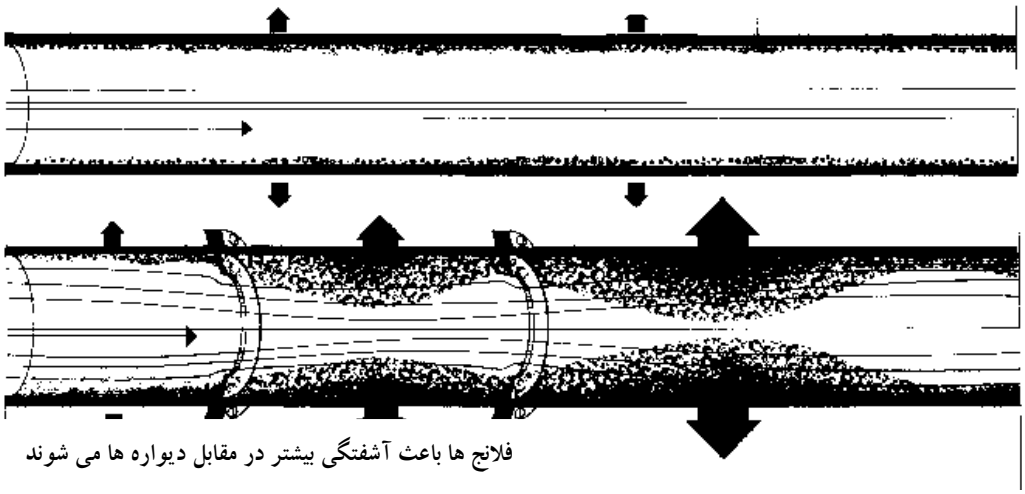


C3 تولید صدادر هوا یا گازها: مجراها

مجراهای یکدست (بدون مانع داخلی برای عبور سیال) میزان صدای کمتری نسبت به مجراهای دارای آشفتگی ایجاد میکنند.

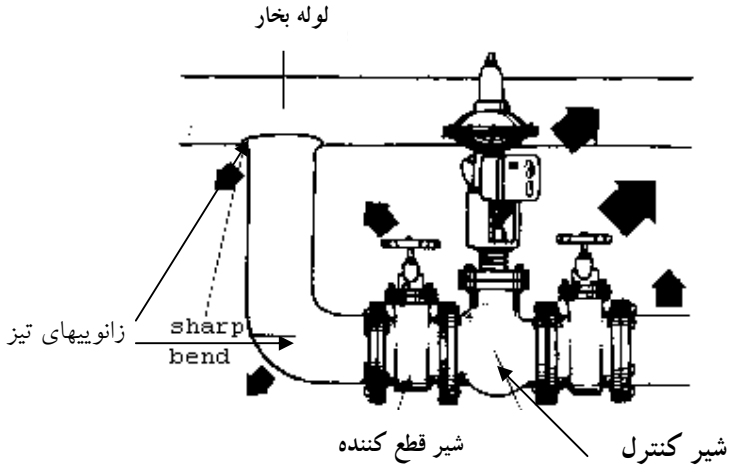
در مسیر عبور جریان در لوله ها یا کانالها ،همیشه مقداری آشفتگی نزدیک دیواره های کانال وجود دارد.اگر جریان به سرعت مسیرش را تغییر دهد، صدای ناشی از آشفتگی افزایش می یابد. اگر جریان با یک سرعت زیاد به مسیر خود ادامه دهد و موانع جریان را بلوکه کنند،آشفتگی ها بیشتر می شوند.

آشفتگی کمتر در دیواره های صاف(بدون مانع)

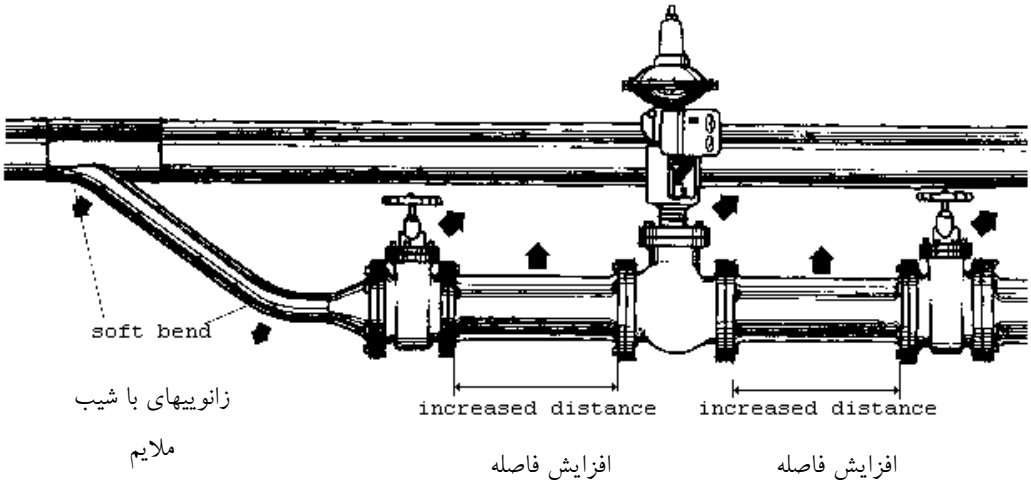


فلانج ها باعث آشفتگی بیشتر در مقابل دیواره ها می شوند

مثال: **یک لوله حامل بخار آب سه شیر فلکه دارد که صدای جیغ مانندی تولید می کنند .همچنین این لوله دارای دو زانویی تیز است که باعث تولید صدا میشوند.**



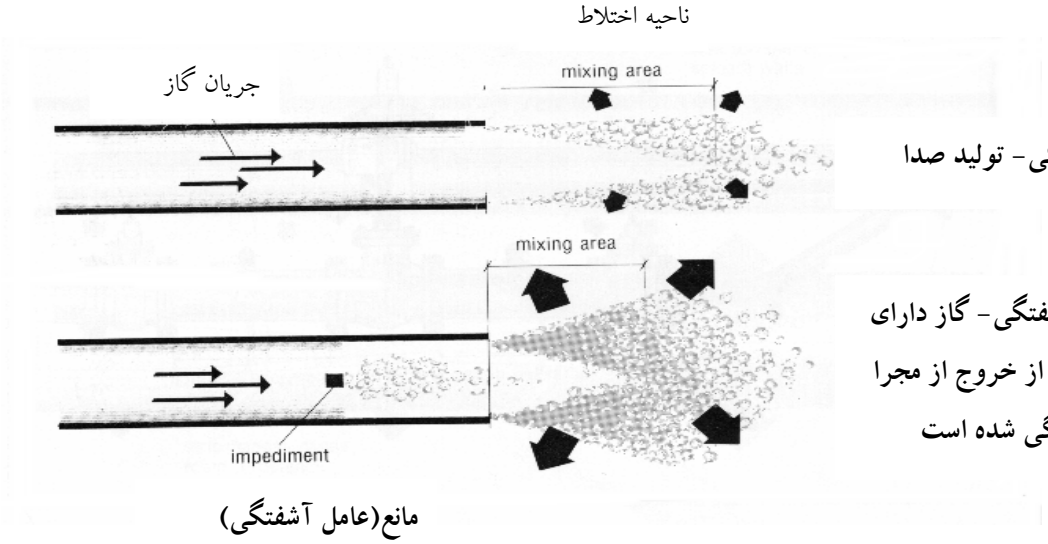
اقدام کنترلی :یک شاخه جدید ایجاد میشود اما این بار از یک زانویی که شیب ملایمتری دارد استفاده می شود.چند تکه لوله گذاری باید بین شیر فلکه ها ایجاد شود.از اینرو آشفتگی در هر شیر فلکه قبل از رسیدن به شیر فلکه بعدی ، کم یا حذف شده است.



C4 تولید صدادرهوا یا گازها: مجراها

صدای خروجی ناشی از جریانی که دچار اختلال یا آشفتگی نشده است ، خیلی کم است .

اختلاط یک گاز دارای جریان با یک گاز ساکن ، صدا تولید میکند.مخصوصا اگر گاز دارای جریان در خروجی مجرا دچار آشفتگی شود.یک جریان خروجی با سرعت کمتر ،تراز صدای کمتری ایجاد خواهد کرد .برای سرعتهای 325ft/s ، کاهش سرعت به نصف،به معناست که صدا حدودا 15 دسیبل کاهش یافته است.

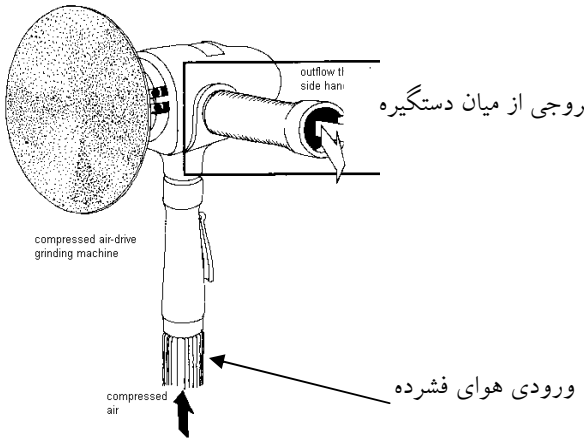


آشفتگی- تولید صدا

افزایش آشفتگی- گاز دارای جریان قبل از خروج از مجرا دچارآشفتگی شده است

مانع(عامل آشفتگی)

مثال:هوای خروجی از ماشین سنگ سنباده ای که با هوای فشرده کار می کند،صدای زیادی تولید میکند.هوا هنگام خارج شدن از دستگیره جانبی این ماشین،دچار اختلال یا آشفتگی می شود.

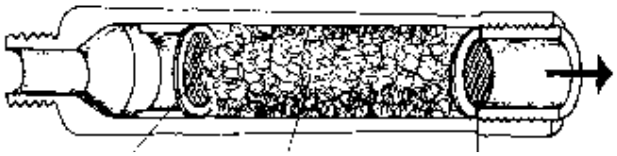


جریان خروجی از میان دستگیره

ورودی هوای فشرده

اقدام کنترلی :یک دستگیره جدید ایجاد می شود.این دستگیره از مواد متخلل جاذب صوت که بین دو تور سیمی قرار گرفته اند ایجادمیشود.عبور جریان هوا از میان مواد متخلخل باعث از بین رفتن آشفتگی می شود.

دستگیره میرا کننده صدا



تور سیمی ظریف مواد جاذب صوت متخلخل **تور سیمی**

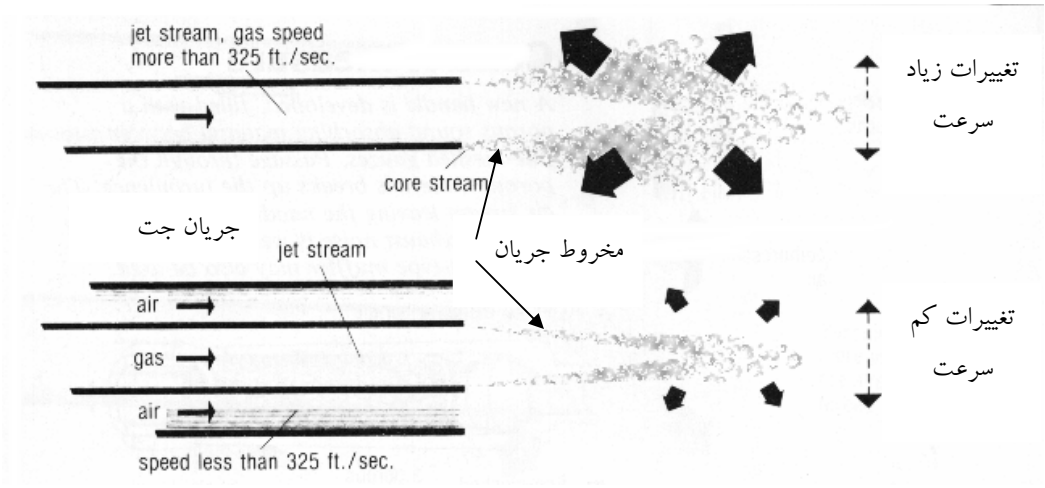
C5 **تولید صدادرهوا یا گازها: مجراها**

صدای جت(صدای ناشی از بیرون جهیدن گاز یا هوا با فشار زیاد) را میتوان بوسیله یک جریان اضافی کاهش داد.)

اصطلاح "جریان جت" در سرعت جریانهای بالا تر از325ft/s به کار می رود. درفضای بیرونی نازل(خروجی)،آشفتگی فوق العاه زیاد است.کاهش سرعت جریانها به نصف ، ممکن است صدا را در حدود 20 دسیبل کاهش دهد.از اینرو تراز صوت ،بوسیله سرعت جریان جت مرتبط با سرعت جریان هوای بیرون از نازل که جریان جت را احاطه میکند ،معین می شود.

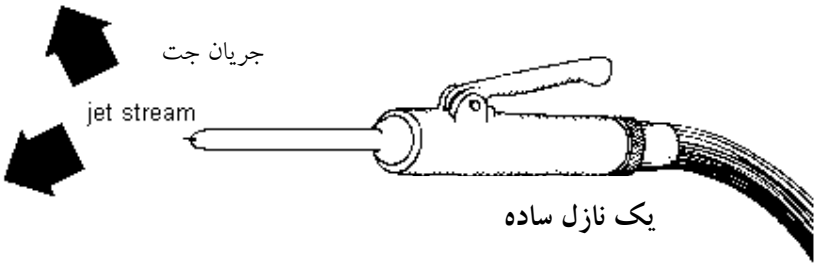
تولید صدا را می توان با استفاده از یک جریان هوای اضافه شونده به جریان جت،که دارای سرعت کمتری نسبت به سرعت جریان جت است،کاهش داد.(شکل صفحه بعد را ملاحظه کنید)

جریان جت. سرعت گاز بیش از 325 متر بر ثانیه

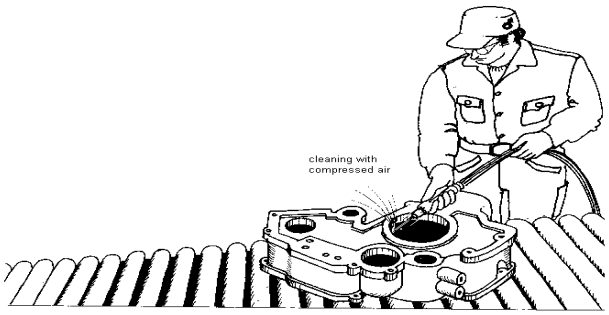


جریان جت. سرعت هوا کمتر از 325 متر بر ثانیه

مثال: تمیز کردن قطعات ماشین باهوای فشرده بعد از فراوری، اغلب با استفاده از یک نازل ساده انجام می شود.برای این کار سرعتهای خروجی بالا،از دهانه نازل مورد نیاز است (ایجاد جریان جت).

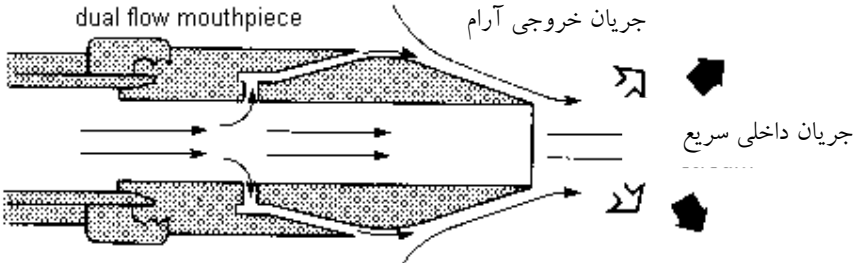


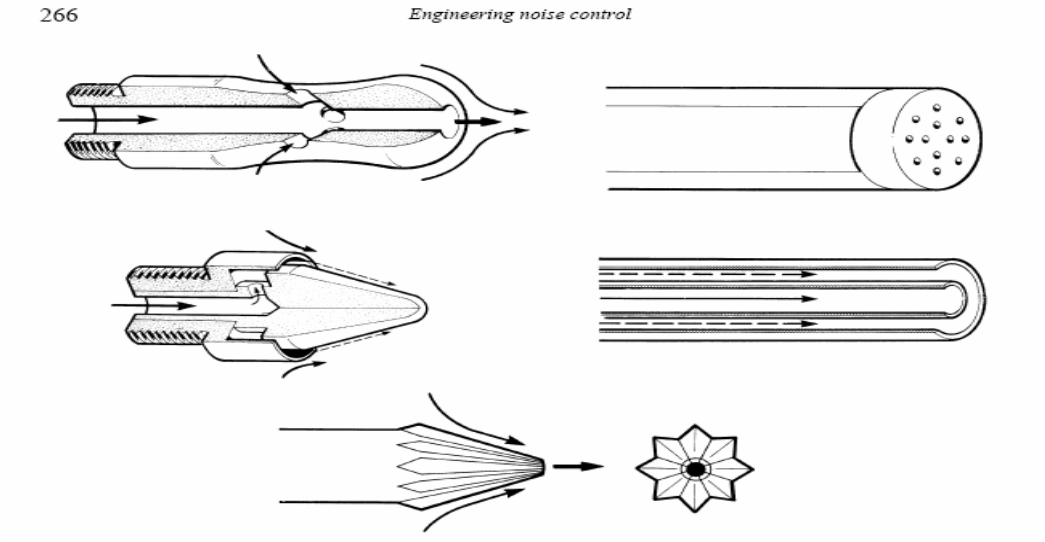
یک نازل ساده



اقدام کنترلی : می توان به جای استفاده از یک نازل ساده با یک دهانه،از یک نازل با چندین دهانه استفاده کرد.این عمل باعث تولید صدای کمتری می شود.مثلا استفاده از یک نازل با دو دهانه عبوری جریان هوا.در این نازل هوای فشرده ای که از دهانه خارجی عبور می کند،نسبت به جریانی که از دهانه مرکزی عبور میکند سرعت کمتری دارد.

یک نازل بادهانه جریانی دو تایی



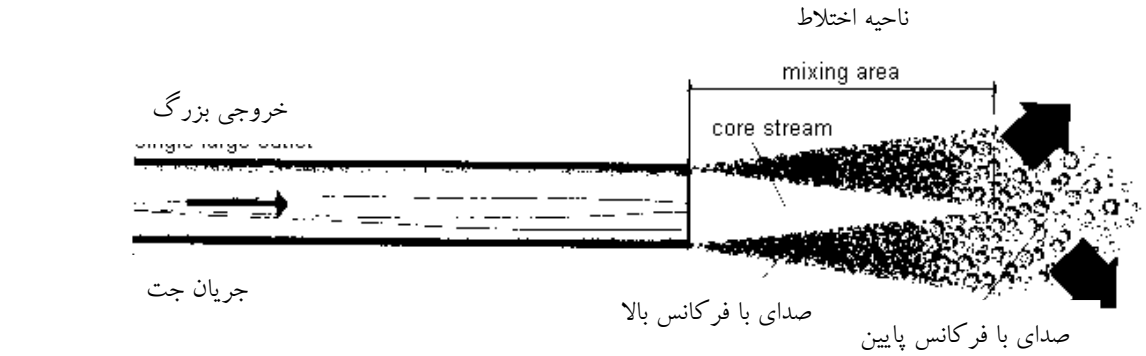


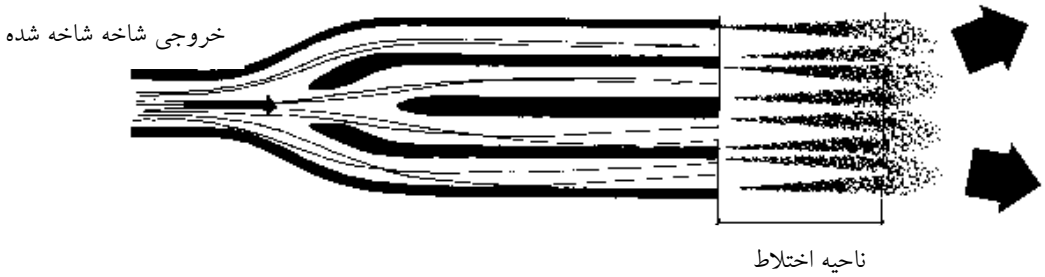
(چند نازل تجاری با صدای خروجی کم)

C6 تولید صدادرهوا یا گازها: مجراها

صدای جت با فرکانس پایین،اگر به صدای جت با فرکانس بالا تبدیل شود راحت تر کنترل می شود.

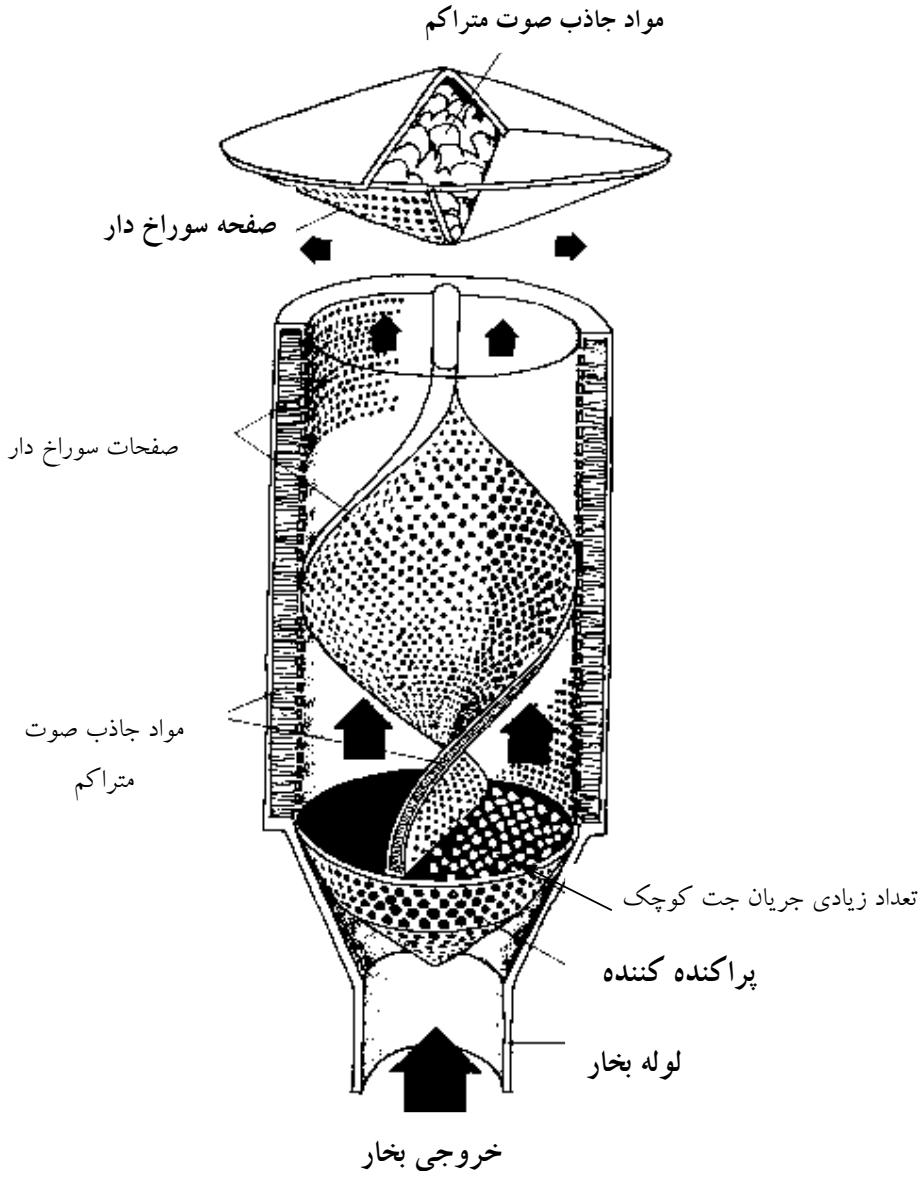
چنانچه قطر حروجی گاز بزرگ باشد،صدا در فرکانس پایین به مقدار peak خواهد رسیدو چنانچه قطر خروجی گاز کوچک باشد صدا در فرکانس بالا به مقدار peak خواهد رسید.صدای با فرکانس پایین را می توان از طریق جایگزین کردن چند خروجی کوچک به جای یک خروجی بزرگ،به صدای با فرکانس بالا تبدیل کرد که کنترل آن خیلی راحت تر می شود.





مثال: شیرهای اطمینان بخار،در هر روز ممکن است بارها تخلیه شوند .در زمان خروج بخار ترازهای بالای صدا با فرکانس پایین تولید می شوند.

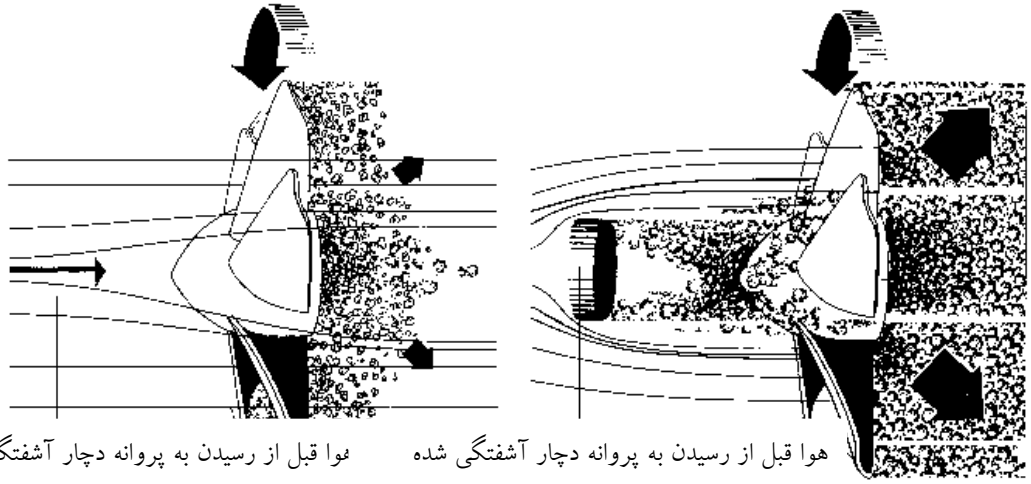
اقدام کنترلی: می توان از یک پراکنده کننده صوت ، که به شکل یک مخروط سوراخ دار ایجاد می شود استفاده کرد.این سوراخها باعث ایجاد جتهای کوچکتری شده واین جتهای کوچکتر،صدای با فرکانس بالاتری تولید می کنندکه این صدای بافرکانس بالا در یک مجموعه گیرنده بخار، به راحتی جذب میشود.(شکل صفحه بعد را ملاحظه کنید)



C7 : تولید صدادرهوا یا گازها:فنها

اگر فنها در یک مسیر صاف و بدون موانع آشفته کننده هوا قرار گیرند،صدای کمتری تولید خواهند کرد.

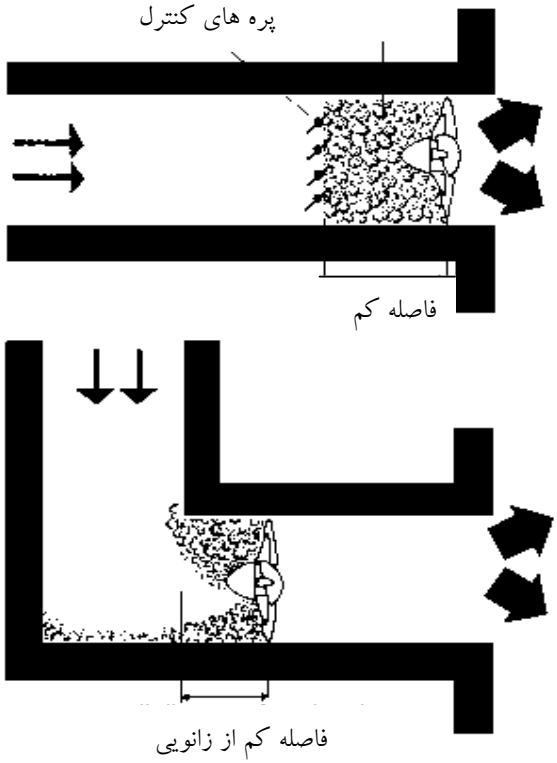
یک فن در هوا ایجاد آشفتگی می کند که باعث تولید صدا می شود.اگر آشفتگی در هوای ورودی قبل از رسیدن به فن ایجاد شود،صدای تولید شده شدیدتر خواهد بود.



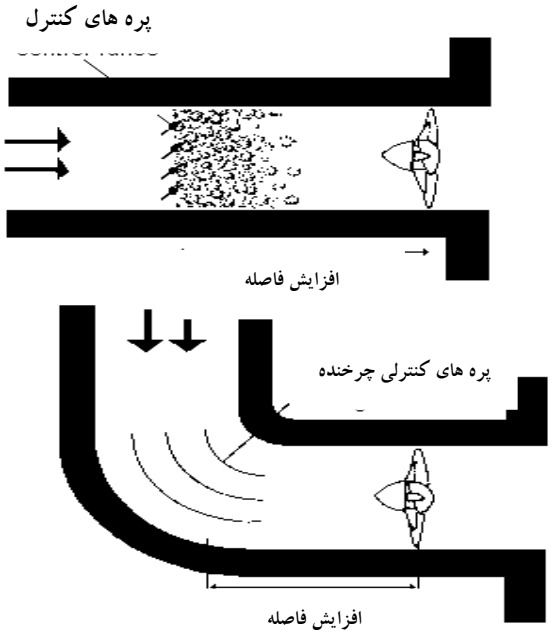
هوا قبل از رسیدن به پروانه دچار آشفتگی شده

هوا قبل از رسیدن به پروانه دچار آشفتگی نشده است

مثال: در یک مورد که فن در فاصله خیلی نزدیک به یک مانع(پره های کنترل) کار گذاشته شده و همچنین در مورد دیگری که فن در فاصله خیلی نزدیک به یک زانویی تیز کار گذاشته شده است، درهردو مورد، جریان دچار آشفتگی شده وصدای ایجاد شده در خروجی افزایش می یابد



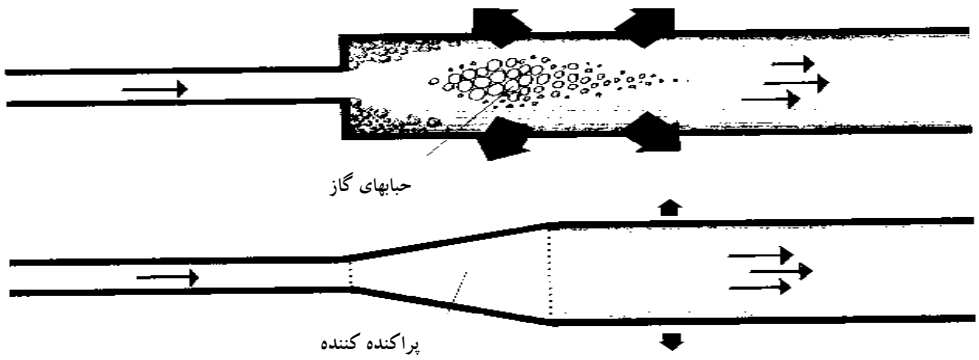
اقدام کنترلی:در مورد اول پره های کنترل به قسمت دورتری از فن برده می شوند از اینرو یک بازه زمانی ایجاد می شود تا آشفتگی از بین برود.در مورد دیگر،زانویی با شیب ملایمتر با فاصله دورتری از فن ، جایگزین می شود.از پره های کنترلی چرخنده نیز می تواند استفاده کرد.



D1:تولید صدادر مایعات روان.سیستمهای لوله ای

تغییرات سریع در فشار ، صدای بیشتری ایجاد می کنند .

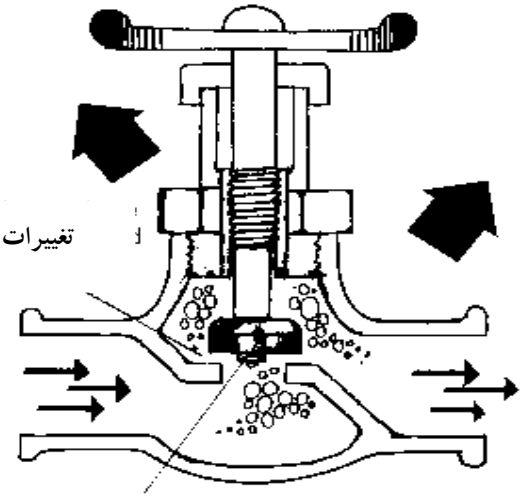
افت سریع فشار دریک سیستم مایع، باعث ایجاد آشفتگی می شود.گاز به شکل حباب در آمده وصدای غرش مانندی ایجاد می کند.افت فشار می تواند در اثر تغییرات سریع و زیاد در حجم ایجاد شود.با کاهش این تغییرات در حجم می توان از ایجاد صدا جلو گیری کرد.



مثال:در سیستمهای مایع ، شیرهای کنترل برای مستقر شدن دارای جایگاه های ویژه ای هستند،که این جایگاه ها،باعث ایجاد سرعت جریانهای بالا با تغییرات فشار زیاد می شوند.

معبرهای جریان پیچ در پیچ و لبه های تیز آشفتگی شدیدی ایجاد می کنند.صدا مستقیما از شیرها و لوله ها و قسمتهای سخت به دیواره ها هدایت می شوند.

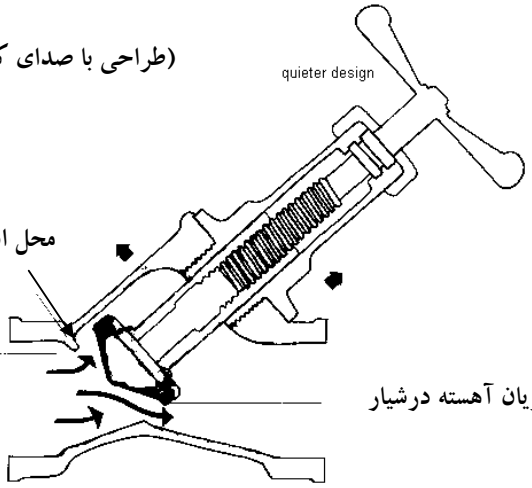
طراحی رایج شیرهای کنترل



قطر کم واشر ، سرعت جریان سریع درشیار

اقدام کنترلی: شیرهای کنترل با قطرهای مخروطی بزرگتر، مسیرهای مستقیم تر و لبه های گرد تر می توانند استفاده شوند.

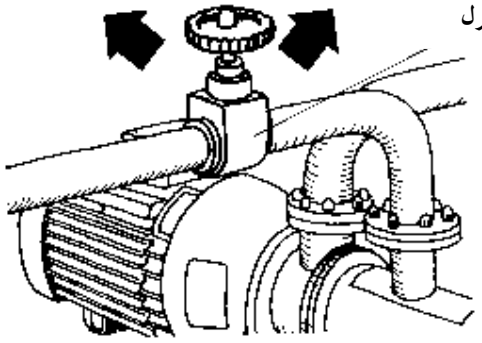
(طراحی با صدای کمتر)



D2 :تولید صدادر مایعات روان.سیستمهای لوله ای

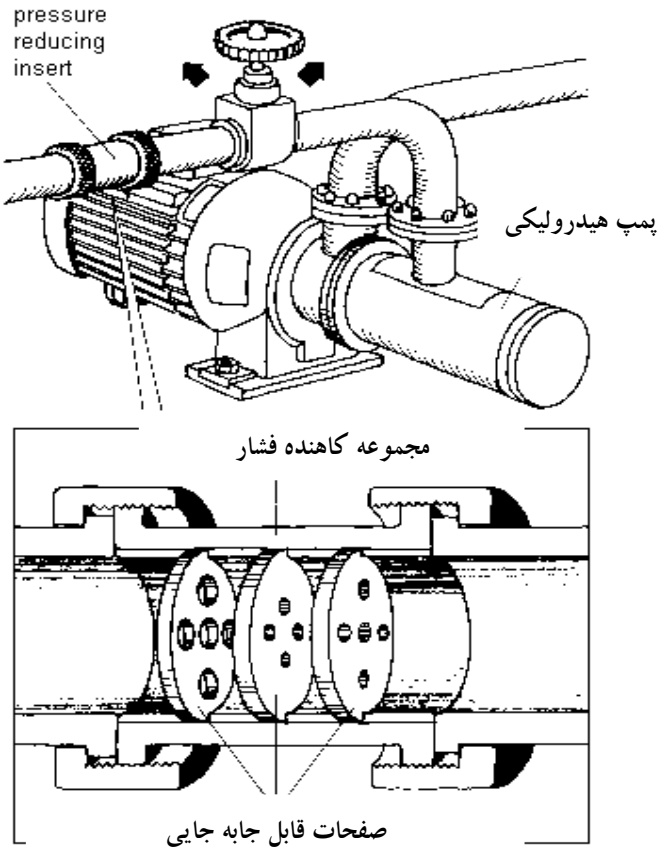
تغییرات سریع و زیاد در فشار ایجاد صدای ناشی از خلاء "cavitation" sound ایجاد میکند. هنگامی کـه افتهـای فـشار زیـاد و ناگهـانی در مایعـات رخ مـی دهـد صـدا در شـیرهای کنتـرل ، پیستونهای پمپ وپروانه ها ایجاد می شود. که اصطلاحا" صدای ناشی از خـلاء"نامیـده مـی شـود که در سیستمهای هیدرولیکی خیلی شایع است.

ایجاد خلاء را می توان بوسیله کاهش فشار در طی چندین مرحله به صورت پلکانی کاهش داد . مثال:در یک سیستم هیدرولیکی ظرفیت کامل پمپ تنها در موارد استثنایی به کار گرفته می شود. با استفاده از یک شیر کنترل، فشار عموما به طور قابل توجهی کاهش می یابد.با شکل گرفتن ایـن افت فشار زیاد، ایجاد خلاء رخ می دهد که باعث می شود صدای بلندی از شیر بیرون بیاید.



پمپ هیدرولیکی

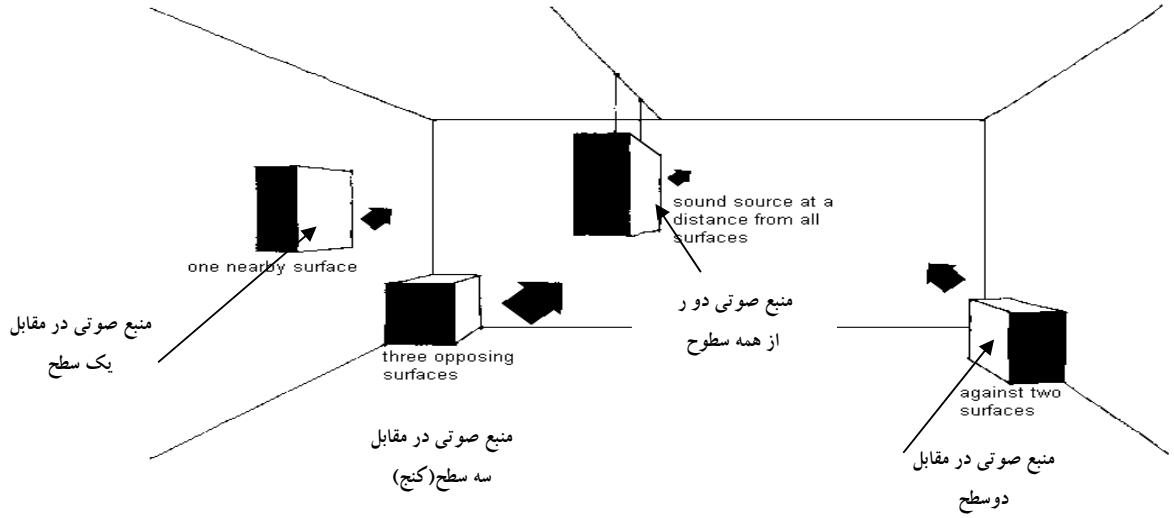
اقدام کنترلی: یک کاهنده فشار در همان لوله و در مسیر شیر کنترل قرار داده مـی شـود.کاهنـده دارای صفحاتی است که این صفحات، متخلخل و قابل جابه جایی هستند .صفحات طوری انتخـاب می شوند که افت فشار بیشتری از افت فـشار لازم بـرای جلـوگیری از خـلاء ایجـاد نکننـد.(شـکل صفحه بعد)



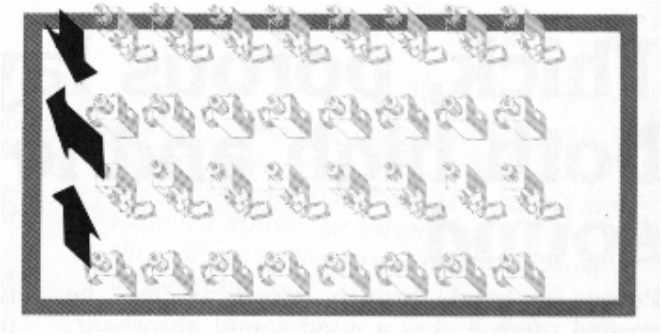
E1 حرکت صوت در محیطهای داخلی:

منابع صوت نباید نزدیک به گوشه قرار داده شوند.

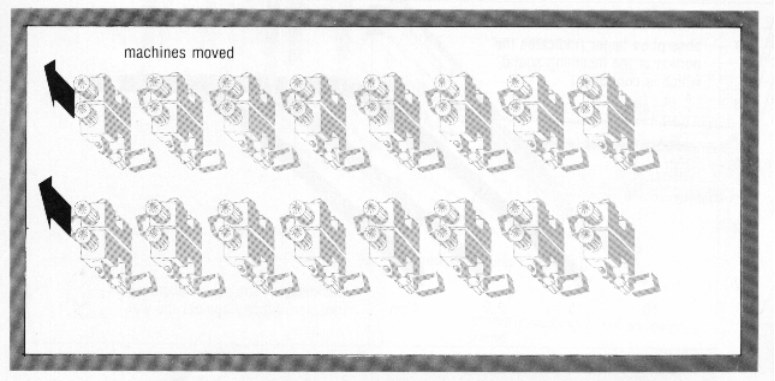
چنانچه یک منبع صوت به سطوح انعکاس دهنده نزدیکتر باشد صدای بلندتری به یک فاصله مشخص انتشار پیدا خواهد کرد. بدترین محل قرار گرفتن منبع در نزدیکی 3 سطح (کنج) می باشد و بهترین محل قرار گیری آن دور ازهمه سطوح یا دیوارهاست.



مثال: در یک کارگاه صنعتی ماشینها در 4 ردیف با 3 راهرو در بین آنها چیده شده اند این کار باعث افزایش صدا در بعضی نقاط در ردیفها می شود.



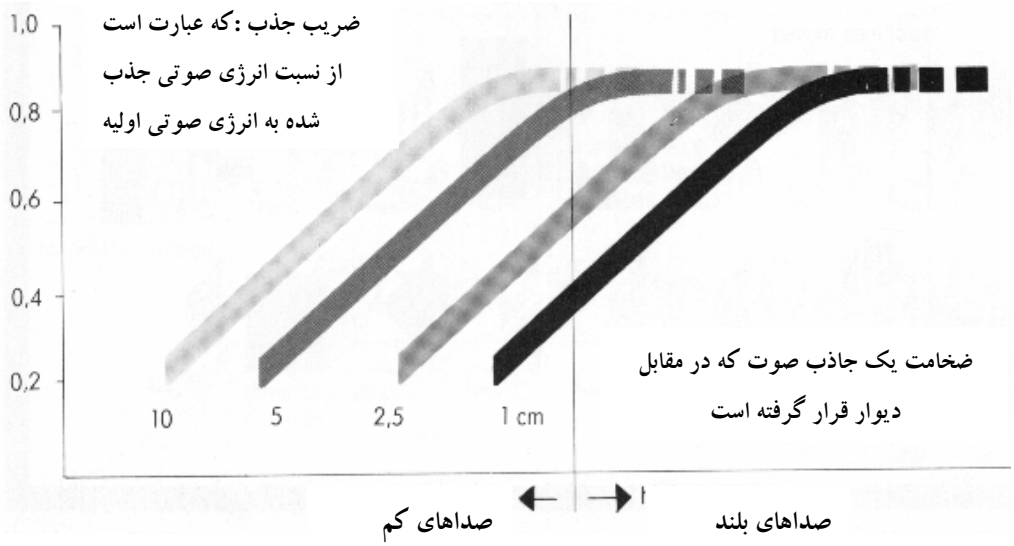
اقدام کنترلی:ماشینها باهم وبه صورت دو به دو ،دور از دیوارها قرار داده شوند وراهروی جدید با یک فاصله از دیوارها ایجاد می شوند.



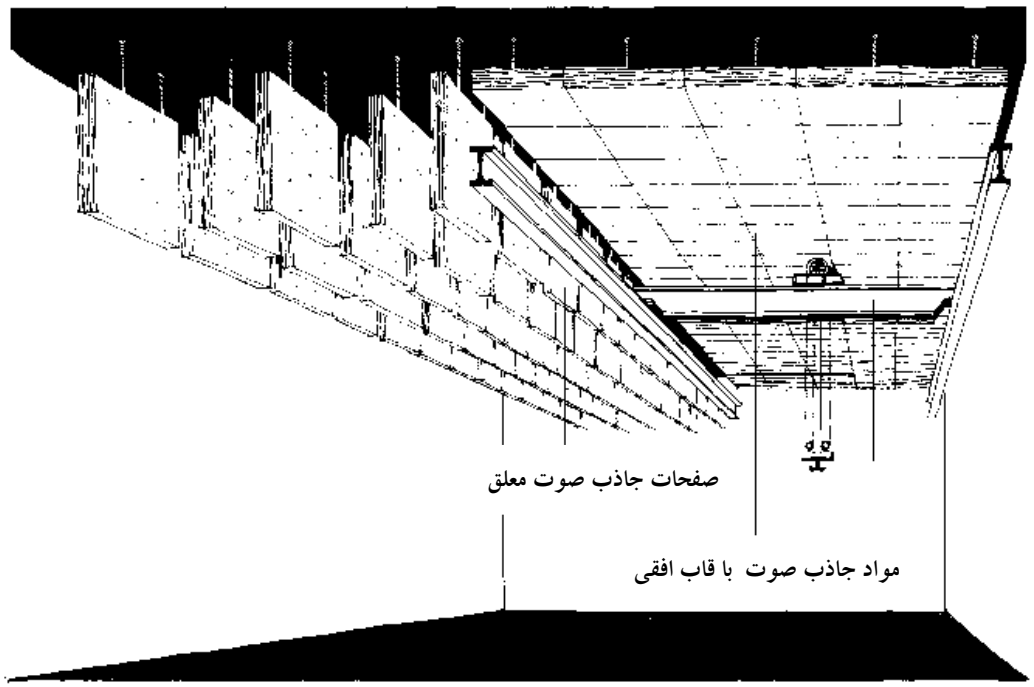
E2 حرکت صوت در محیطهای داخلی- جذب

لایه های ضخیم متخلخل، هم صدای با فرکانس بالا و هم صدای با فرکانس پایین را جذب می کنند.

موادی که هوا در میان آنها می تواند فشرده شود (ایجاد حباب هوا دراین مواد)اغلب جاذبهای صوتی خوبی به شمار می روند.ازاین نوع مواد می توان به نمد، اسفنج لاستیکی،پلاستیکهای اسفنجی، فیبرهای پارچه ای و تعدادی از فلزات و مواد سرامیکی و... اشاره کرد.اگر سوراخهای موجود در صفحات به هر نحوی مسدود شوند جذب کاهش نشان خواهد داد.مواد جاذب متخلخل صداهای بلند را جذب می کنند.برای به دست آوردن اثرات خوب در فرکانسهای پایین تر از100Hz ،ضخامت لازم ممکن است غیرعملی شود.جذب فرکانسهای پایین، با کمک یک شکاف هوایی در پشت مواد جاذب (مانند هوا در فاصله بین شیشه های دو جداره) افزایش می یابد

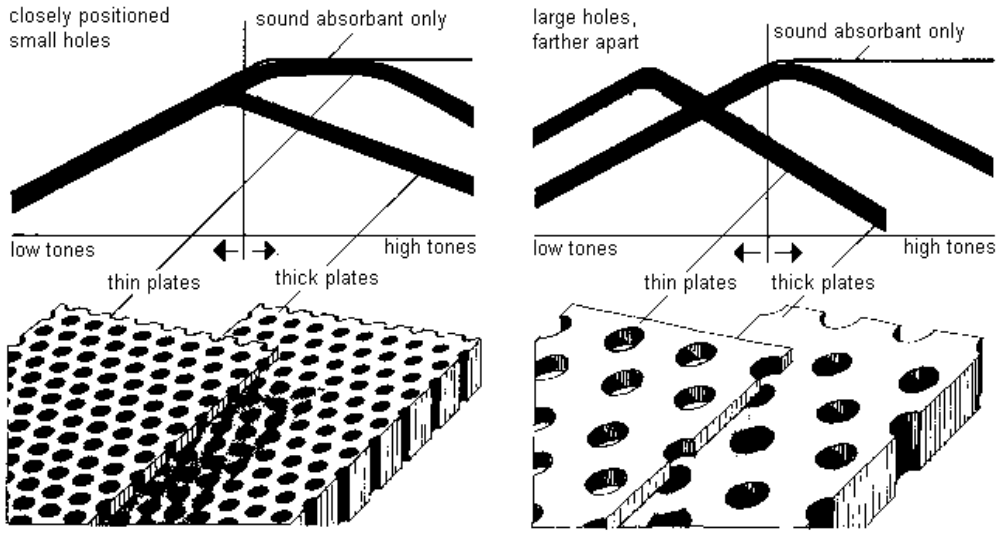


مثال :صدای یک گارگاه که ازنوع صدای شدید فرکانس پایین است، با جاذبهایی که برای فرکانسهای پایین به کار می روند اصلاح می شود.یک قسمت کارگاه دارای فضایی برای آویزان کردن صفحات جاذب می باشد. این صفحات جذب خوبی را برای فرکانسهای پایین تامین کرده و خیلی راحت نصب می شوند.اما در قسمت دیگری از کارگاه فضایی برای آویزان کردن یا حرکت صفحات جاذب وجود ندارد .برای جذب صدای فرکانس پایین در این قسمت از جاذبهای افقی(موازی با سقف)در فاصله 8inch از سقف استفاده می شود.



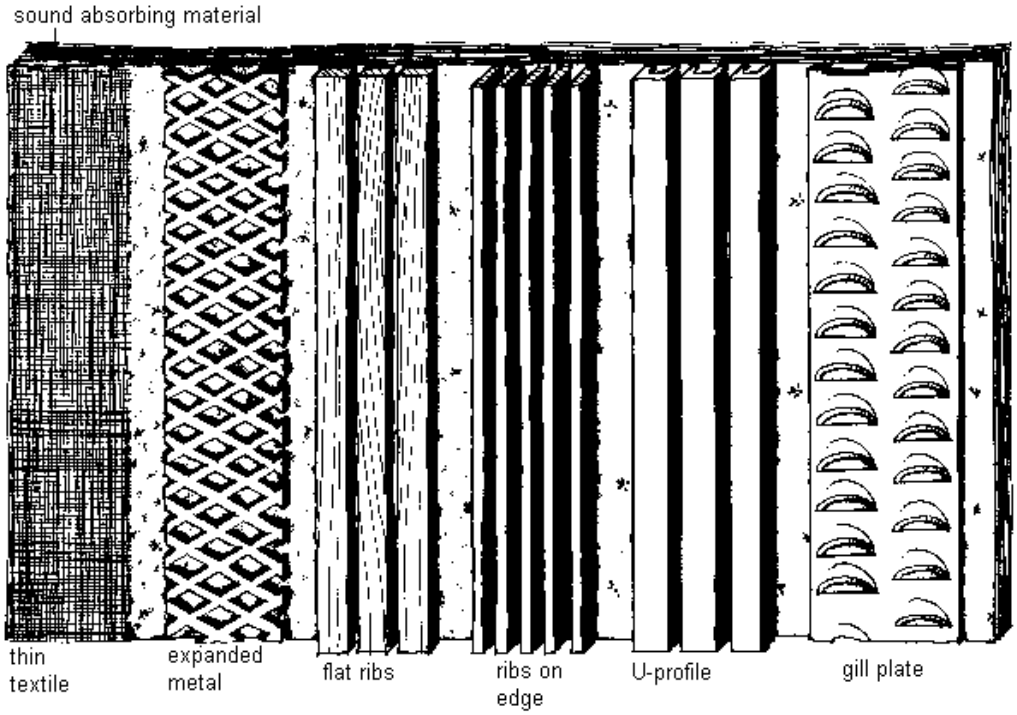
E3 حرکت صوت در محیطهای داخلی- جذب

به دلایل مختلف ،ممکن است حفاظت از مواد جاذب متخلخل مورد نیاز باشد.اگر مواد پوشاننده دارای تعداد سوراخهای کافی باشند ،این کار (پوشش گذاری) را میتوان بدون اینکه در کارایی جاذب خللی وارد کند انجام داد.



مثال:مواد جاذب صوت برای بسیاری از سطوح دیوارها و سقفها،مورد نیازهستند پس برای ایجاد جذابیت بیشتر در محیط،داشتن مواد جاذب زیاد با ظواهر مختلف ، مطلوبتر است.

اقدام کنترلی: یک ماده روی همه سطوح با ضخامتهای مختلف استفاده می شود.مواد پوشاننده متفاوت ، تنوع مطلوبتری را در ظاهر ایجاد می کنند.

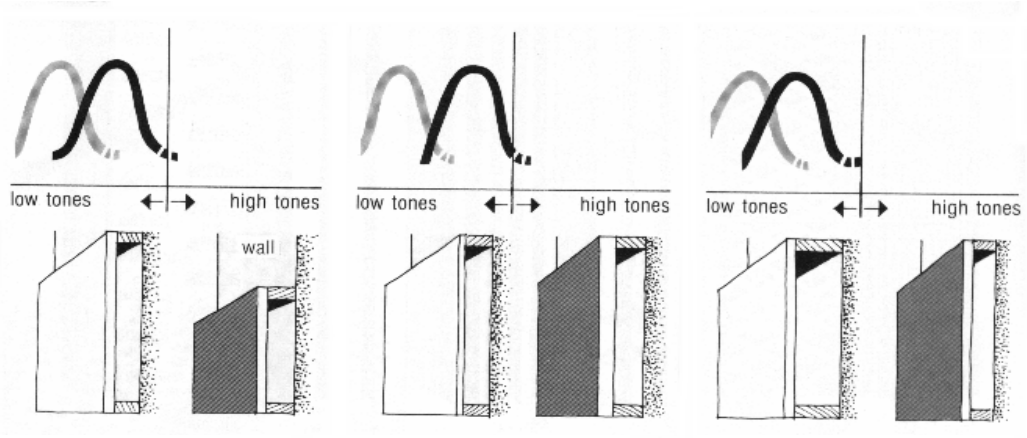


صفحات آبششی شکل * صفحات با چینهایu شکل* صفحات تیغه ای با عرض کم*صفحات تیغه های با عرض زیاد* فلزحجم یافته* پارچه ضخیم *

E4 حرکت صوت در محیطهای داخلی- جذب

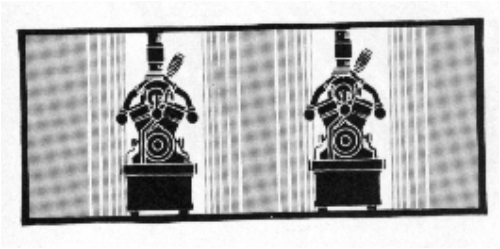
صفحات جاذبی که روی داربست قرار داده میشوند فرکانسهای پایین را جذب میکنند.

این صفحات که به یک سیستم داربست شکل بسته می شوند، فرکانسهای پایین صوت را جذب می کنند.این جذب در یک محدوده فرکانسی باریک موثر است .این محدوده از طریق محکم بودن صفحات و فاصله بین چفت صفحات و بستها مشخص می شود.در حالتی که صفحات به داربستهای روی دیوار متصل شده اند ،فاصله از دیوار خود یک اثر جداگانه دارد.یک صفحه با میرا کنندگی داخلی زیاد،صدارا در محدوده های فرکانسی بالاتری جذب می کند.اگر یک ماده جاذب متخلخل برای فرکانسهای پایین استفاده می شود، باید دارای ضخامت خیلی زیادی باشد.



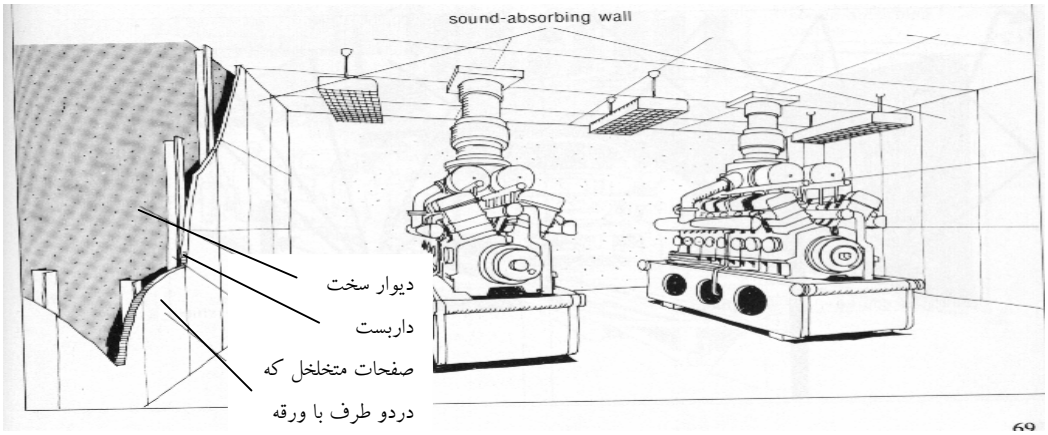
اثر فاصله بین چفت و بستها　　اثر ضخامت صفحه جاذب　　اثر فاصله نسبت به دیوار

مثال:رزونانسهای فرکانس پایین در اتاقی که موتور در آن قرار دارد ، اغتشاش صوتی خیلی زیادی در نزدیکی دیوارها و مرکز اتاق ایجاد میکند.هنگامی که سرعت دورانی به طور قابل توجهی تغییر میکند،اغتشاش صوتی کاملا حذف می شود.



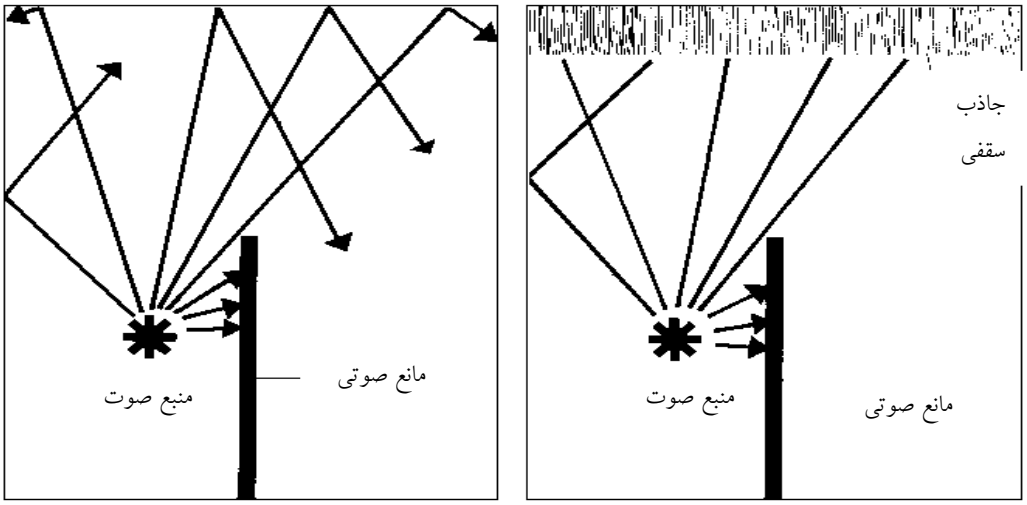
اقدام کنترلی :دیوارها برای جذب دامنه بلند ترین صداها،با پانلهای داربستی پوشانده شده اند. برای جذب بهتر، یک لایه با میرا کنندگی خوب استفاده می شود که یک محدوده فرکانسی وسیعی را با جذب صوتی خوب ایجاد می کند.در نتیجه رزونانس واغتشاش صوتی از بین می رود.

دیوارهای جاذب صوت

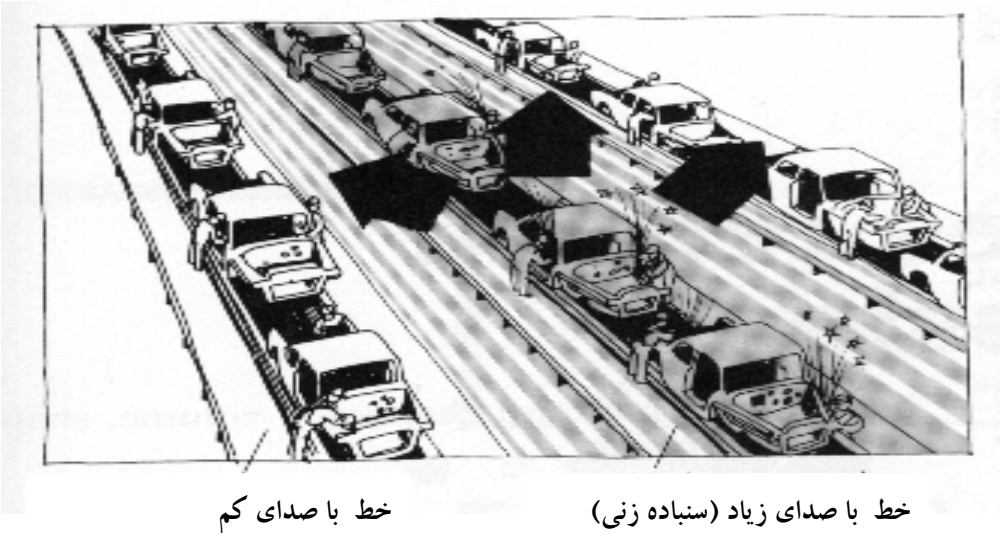


E5 حرکت صوت در محیطهای داخلی- جذب

ممکن است از مواد جاذب صوت سقفی با موانع صوت به طور ترکیبی(همزمان) استفاده شود.می توان صدای با فرکانس بالا را بوسیله یک مانع کاهش داد .این مانع هرچه بلند ترونزدیکتر به منبع باشد، موثرتر خواهد بود.اثر یک مانع در صورتیکه جاذبهای سقفی وجود نداشته باشند به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد .

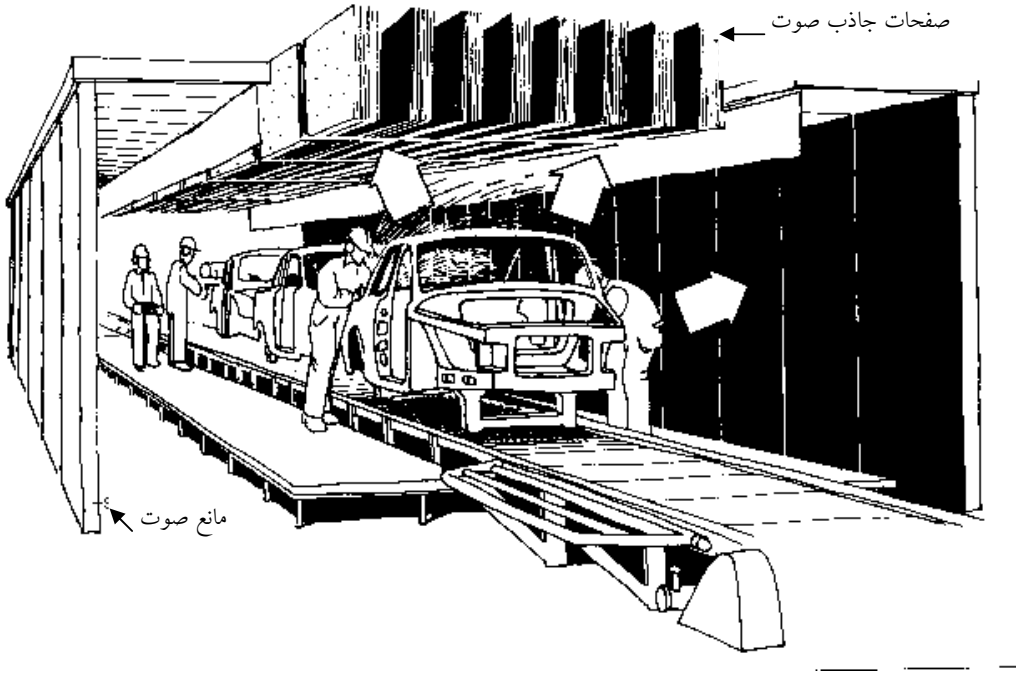


مثال: در یک کارخانه ماشین سازی با خطوط مونتاژزیاد، کار در یک خط پر سرو صداتر از سایر خطوط است .عمل سنباده زدن روی بدنه ها ، صدای جیغ مانندی تولید می کند.صدای با فرکانس بالا به تمام افراد کارخانه می رسد.



خط با صدای زیاد (سنباده زنی)　　خط با صدای کم

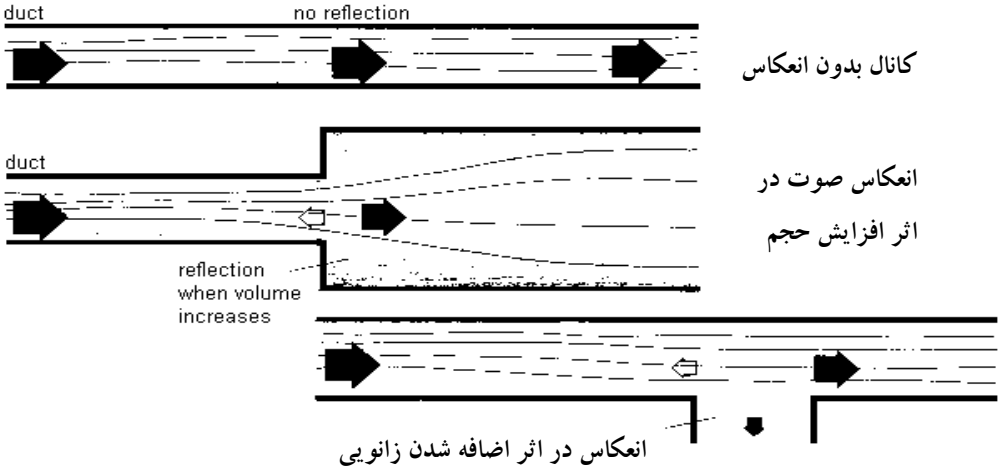
اقدام کنترلی:افراد سایر خطوط با استفاده از موانع در دو طرف خط سنباده کاری و استفاده از صفحات جاذب آویزان در سقف،از صدای سنباده کاری محافظت می شوند.



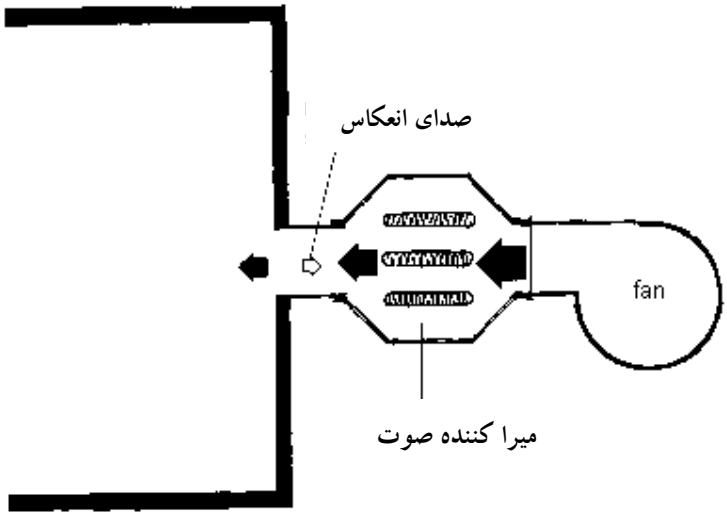
F1حرکت صوت در کانالها- انباره های صوتی انفعالی(مافلرها یا صدا خفه کنها)

همه کانالها تغییرات کاهشی بر انتقال صوت می دهند.

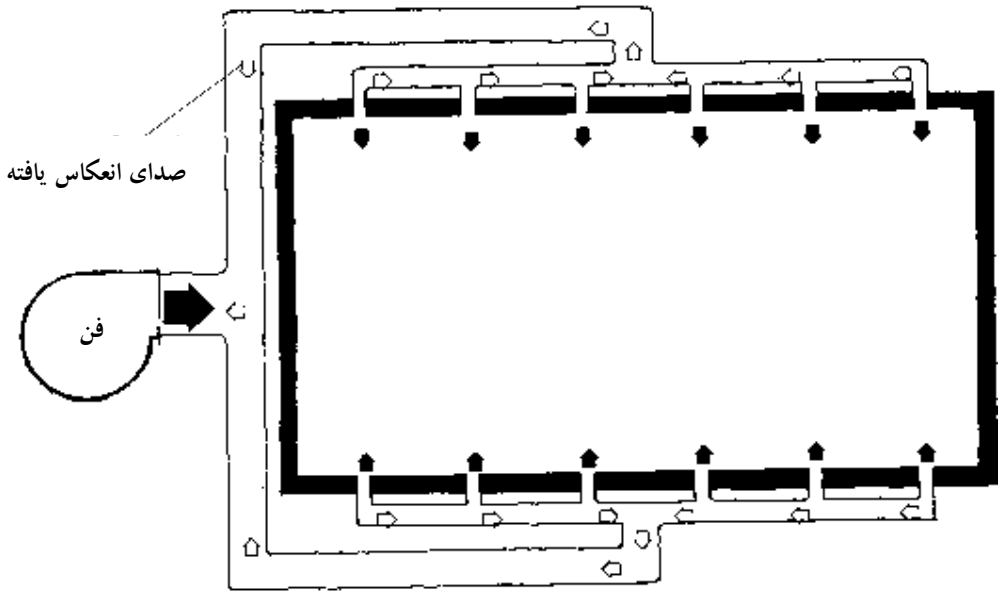
با ایجاد یک سری تغییرات در مسیر ، قسمتی از صدا منعکس می شود .در یک کانال این تغییرات ممکن است در زانویی ها ، شاخه ها ، و یا در حجم ، شکل یا مواد دیواره بوجود آید.



مثال: (طبق شکل)اتاقک بوسیله تهویه مکانیکی ایجاد شده است.در این اتاقک فضای کافی برای فن وجود دارد اما برای نصب انباره های صوتی فضایی وجودندارد.

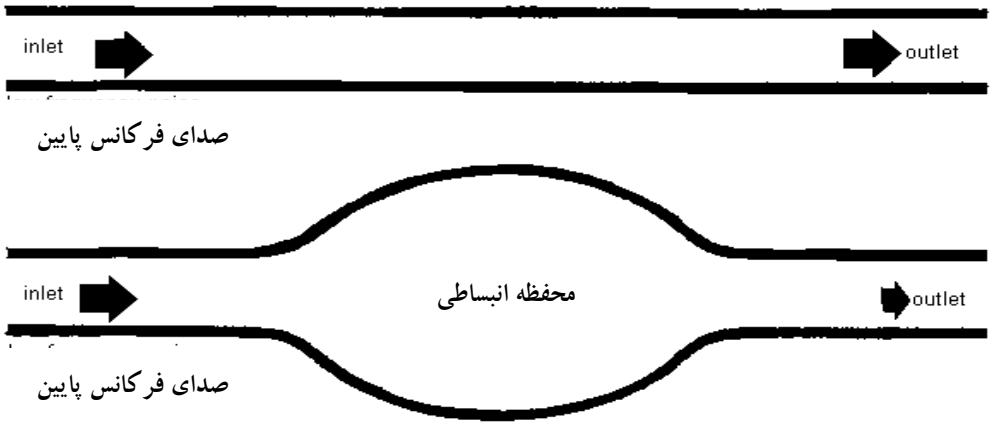


اقدام کنترلی:انعکاس صوت در اثر تغییرات حجمی وتغییر درشکل وتعداد زانویی ها،برای ما نقش مافلر(انباره صوتی) را بازی می کند.



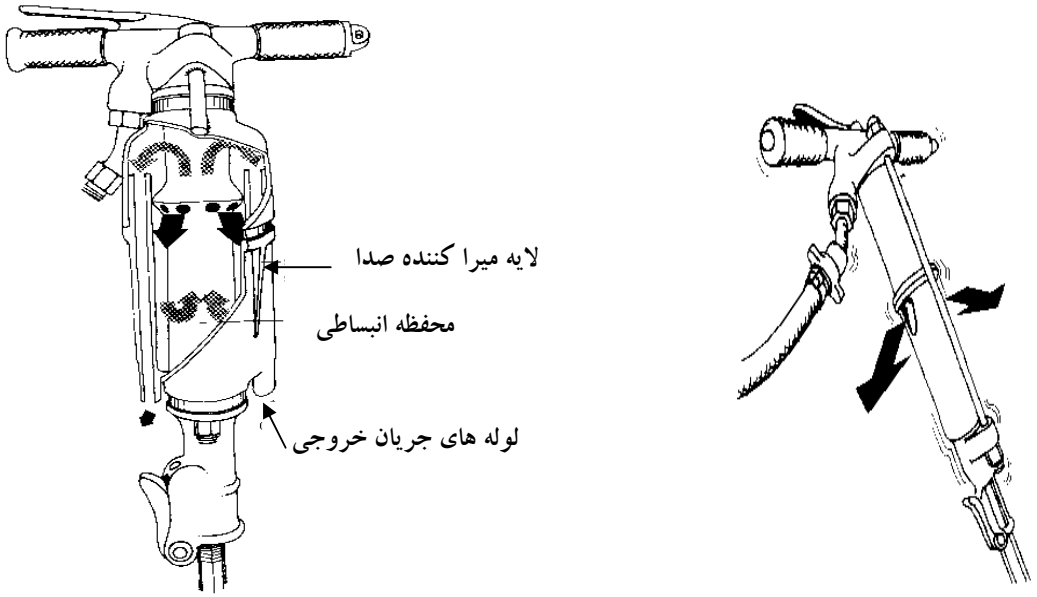
F2حرکت صوت در کانالها- انباره های صوتی انفعالی

محفظه های انبساطیExpansion chambers برای کاهش صدای با فرکانس پایین موثر هستند. اگرکانال با یک قسمت منبسط شده یا محفظه انبساطی اصلاح شده باشد،تغییرات فشاری مولد فرکانسهای پایین در کانال کاهش یافته است.اگر می خواهیم فرکانس پایین تری را کاهش دهیم باید فضای بزرگتری را در محفظه انبساطی لحاظ می کنیم.



مثال:با استفاده از یک پوشش صدا گیر روی بدنه میتوان صدای فرکانس بالای خروجی از مته چکشی(پیکور) را تا اندازه ای مهار کرد.صدای فرکانس پایین هم درخروجی هوا به طور موثری

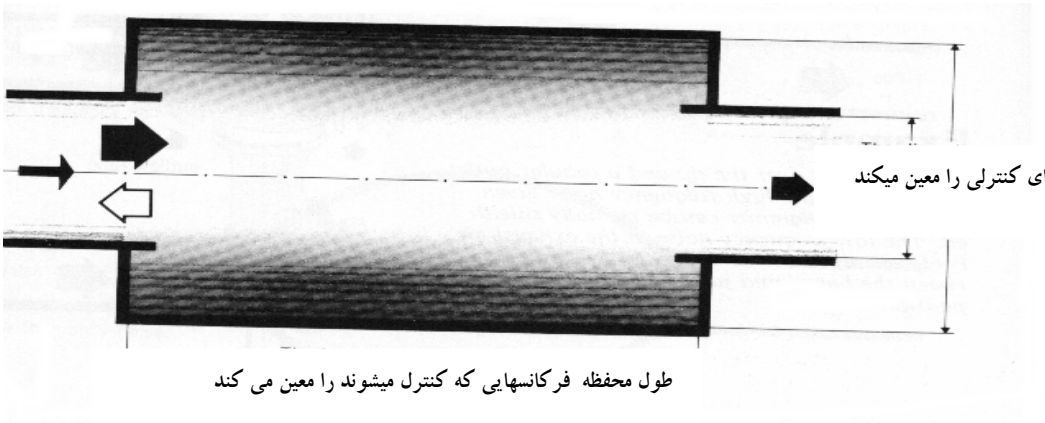
کاهش می یابد.با توجه به شکل متوجه می شوید که بین قسمت بشکه ای شکل دستگاه وپوشش روی دستگاه،فضایی همانند محفظه انبساطی شکل گرفته است.



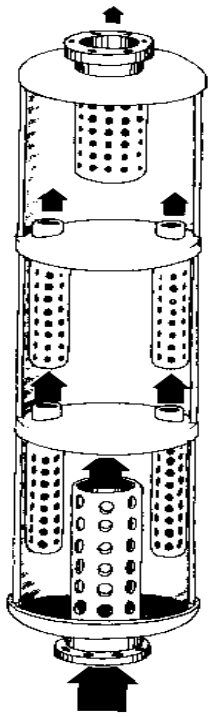
F3 حرکت صوت در کانالها- انباره های صوتی انفعالی

انباره های صوتی انعکاسی در دامنه های فرکانسی باریک (با پهنای کم)موثر هستند.

اگر صدا در یک پهنه فرکانسی محدود قرار دارد،انباره های صوتی انعکاسی با اشغال کمترین فضا قابل استفاده هستند.انباره های صوتی عموما برای فرکانسهای پایین کاربرد دارند.برای پهنه فرکانسی بالا می توان از چندین محفظه انفعالی (خفه کننده) به طور متوالی استفاده کرد.(مانند شکل در مثال)



مثال:مافلری که اینجا نشان داده شده است اصولا در موتورهای پیستونی بزرگ استفاده می شود.

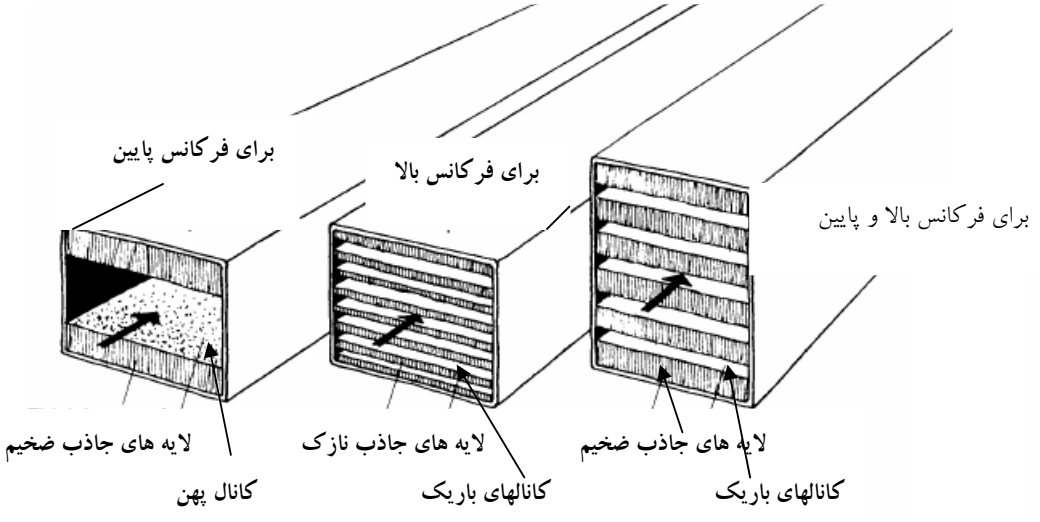


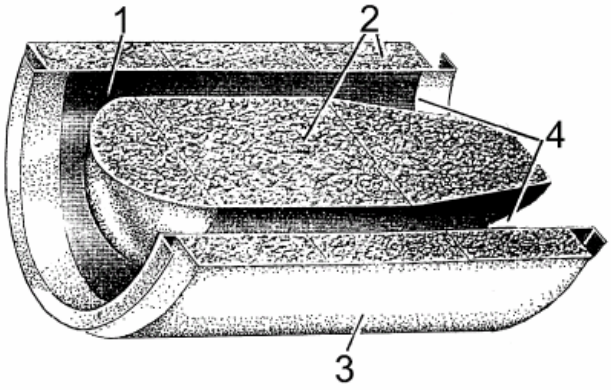
انباره صوتی انفعالی با سه مرحله عملیاتی

F4 حرکت صوت در کانالها- مافلرهای توده ای یا متراکم.

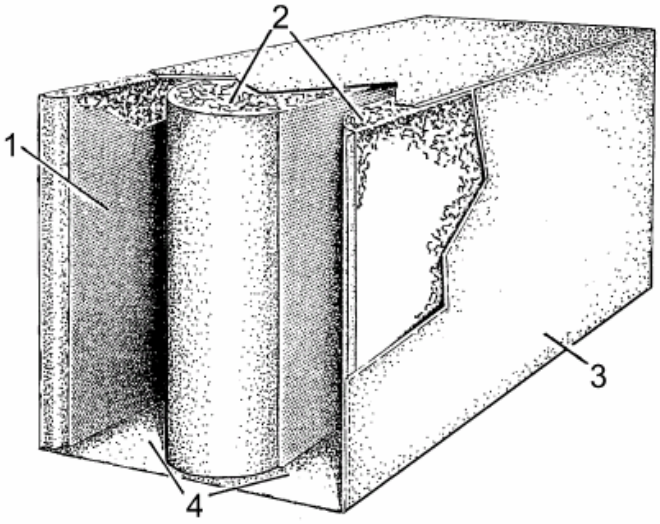
مافلرهای جاذب برای پهنه وسیعی از فرکانسهای صوتی موثر هستند.

ساده ترین شکل مافلرهای جاذب ، شامل یک دهلیز یا مجرا ست که دیواره های آن با مواد جاذب پوشانده شده است .هرچه مواد جاذب ضخیم تر باشند فرکانسهای پایین تری را می توانند کاهش دهند.برای جذب فرکانسهای بالا ، فضای بین دیواره ها باید کوچکتر شود.بنابراین یک کانال بزرگ باید به قسمتهای کوچکتری تبدیل شود.

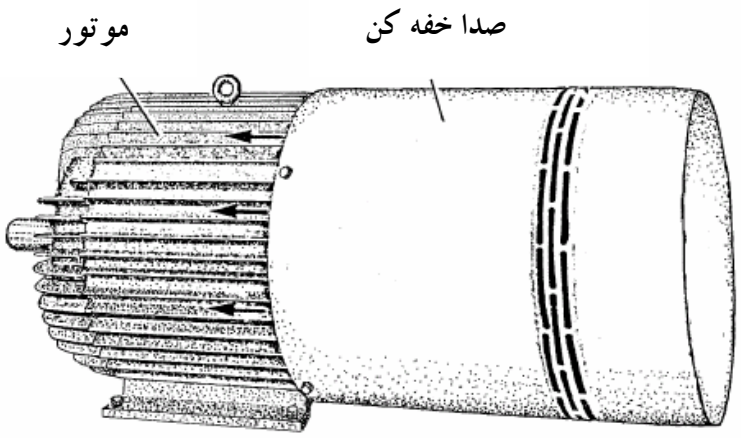




1- ورق استیل مشبک گالوانیزه 2- فایبر گلاس یاپشم های معدنی 3- جدار استیل 4-معبرهای جریان هوا با آشفتگی کم

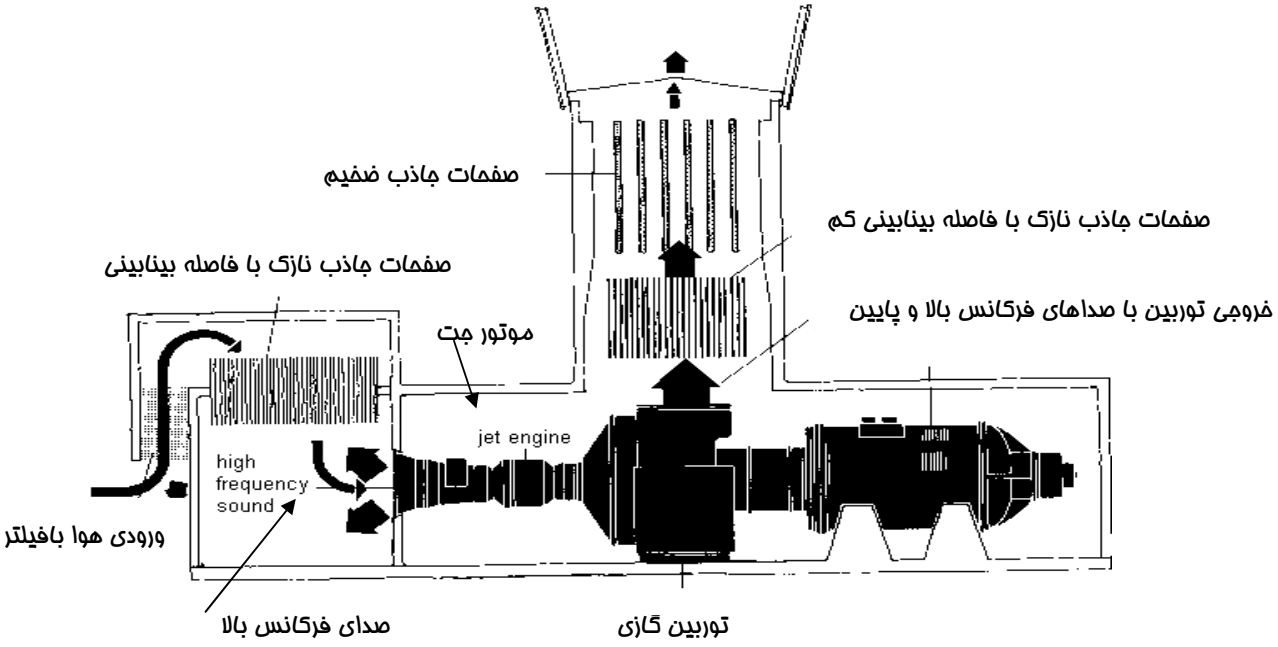


صدا خفه کن با صفحات مستطیلی موازی 1- ورق استیل مشبک گالوانیزه2- فایبر گلاس یاپشم های معدنی 3- جدار استیل4-ورودیهای موثر در جذب



موتور الکتریکی با انباره صوتی پراکنده ساز

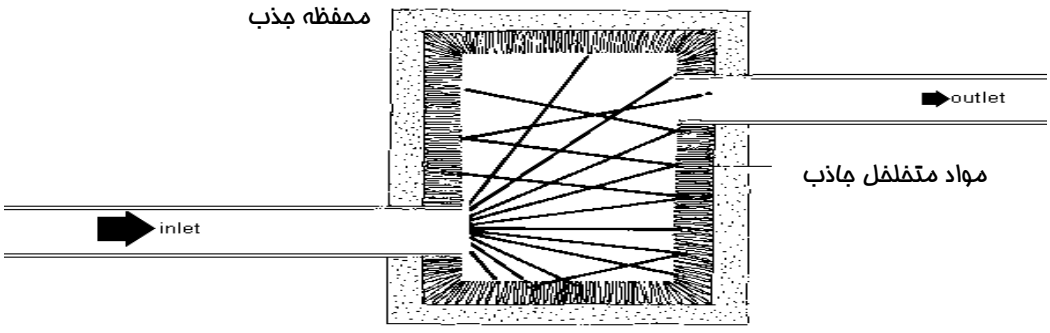
مثال:عموما برای کاهش یک دامنه فرکانسی وسیع، لازم است که از مافلرها بـا صـفحات ضـخیم و نازک به طورهمزمان استفاده کرد.



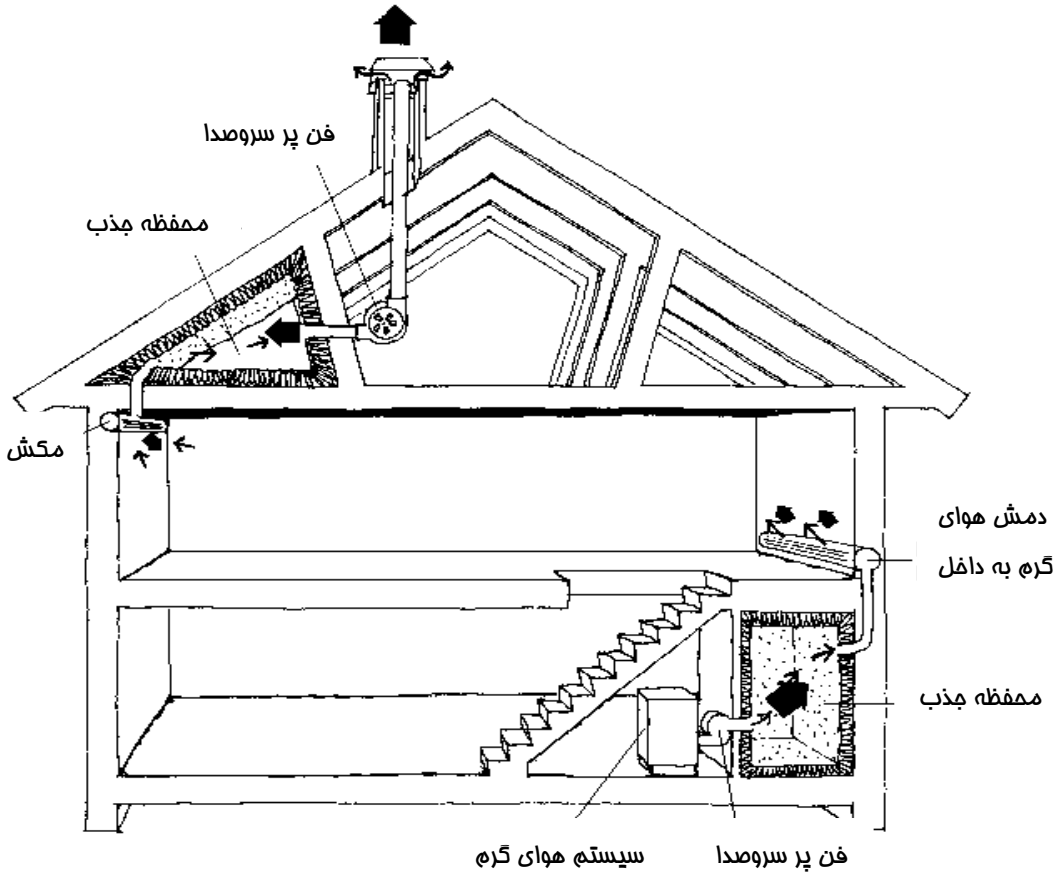
F5 حرکت صوت در کانالها- مافلرهای توده ای یا متراکم.

محیطهای بلا استفاده میتوانند به عنوان محفظه های جاذب صوت عمل کنند

یک محفظه جاذب مانند یک مافلر ساده است.یک قسمت از مسیر کانال،(با توجه به شکل) اتاقکی است که دیواره هایش با مواد جـاذب صـوت پوشـانده شـده اسـت.هنگـامی کـه صـدا از دیواره های محفظه منعکس می شود ،انرژی صـوتی جـذب مـی شـود.بـرای جلـوگیری از انتقـال مستقیم فرکانسهای بالا، قسمت ورودی و خروجی محفظـه نبایـد مـستقیما در راسـتای هـم بـا یـک ارتفاع یکسان قرار گیرند.



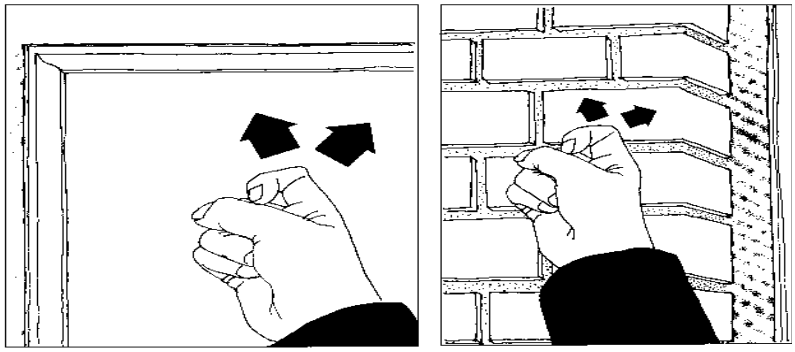
مثال:شکل محفظه جذب اهمیت کمی دارد.اتاقک بلا استفاده به راحتی می تواند به محفظه جـذب تبدیل شود.



G1 صدای ناشی از ماشینهای مرتعش – مستقر سازی ماشینها

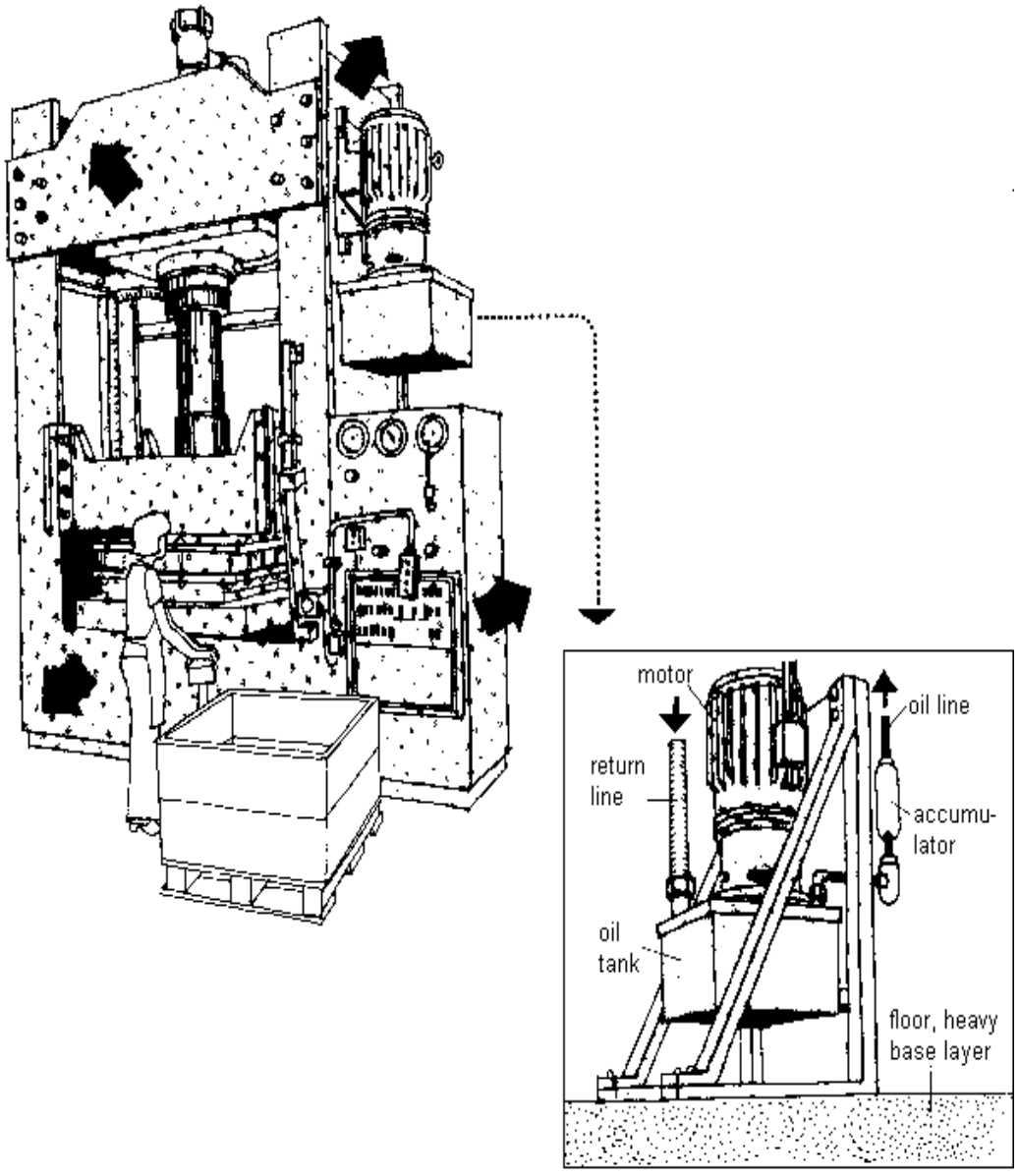
ماشینهای مرتعش باید روی سطوح سنگین وسخت سوار شوند.

کوبیدن روی یک در نازک نسبت به کوبیدن روی یک دیوار صدای بیشتری تولیـد مـی کنـد.بـه همین علت ساده،منابع صدا باید روی سطوح سفت و سنگین قرار داده شوند.



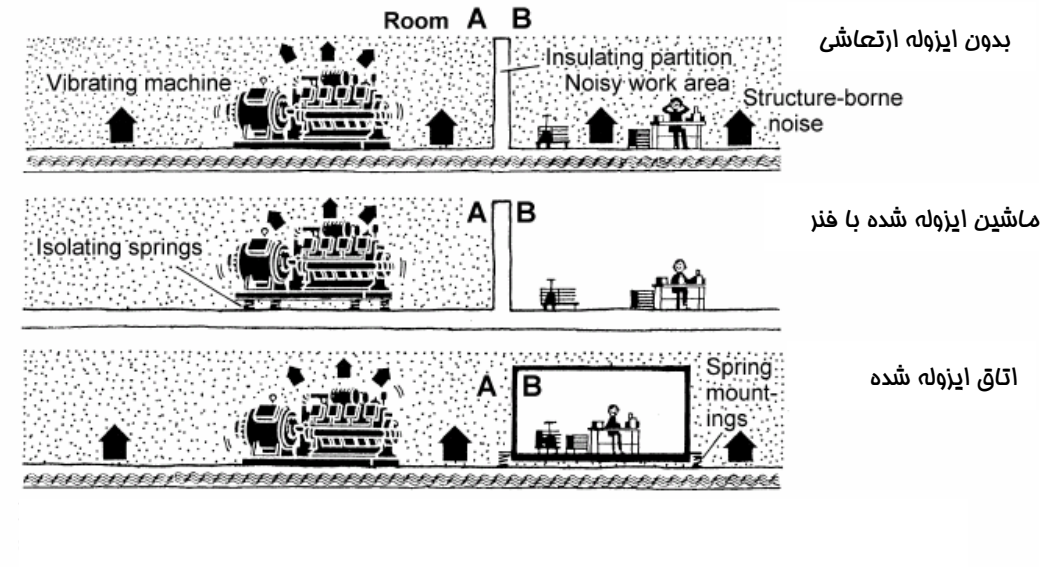
مثال:موتورگرداننده پمپ روغن، روی دیواره کناری یک پرس هیدرولیکی قرار داده شده است .ارتعاشات به به صفحات تشکیل دهنده پرس انتقال می یابند که صدا را از یک محیط جامد به هوا با بلندی بیشتری انتقال می دهند.

اقدام کنترلی: سیستم روغن از پرس جدا شده و در قابی سنگین روی زمین نصب می شود.

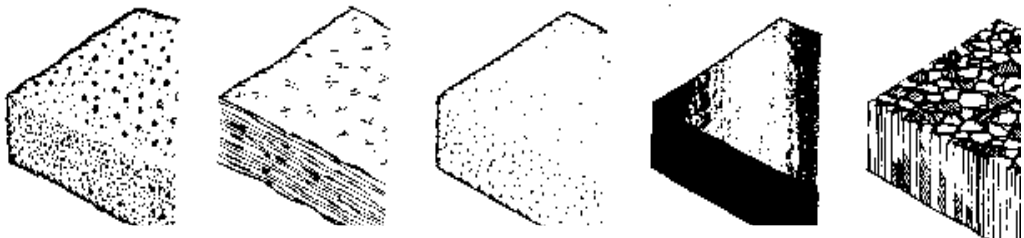


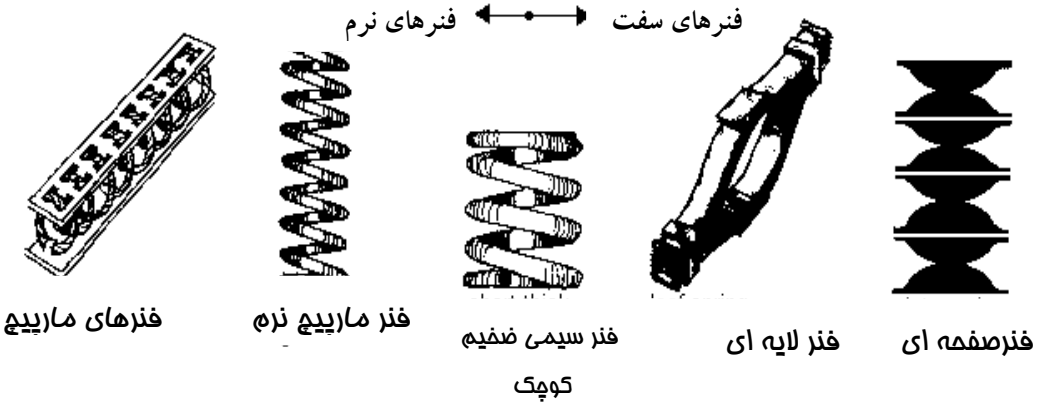
G2 صدای ناشی از ماشینهای مرتعش – مستقر سازی ماشینها

ایزوله کردن ارتعاشات ناشی از ماشینها، صدای بیش از حد محیط را کاهش می دهد کـه در شـکل زیر نشان داده شده است.یا ماشین یا محیط کاری فرد را می توان ایزوله کرد.



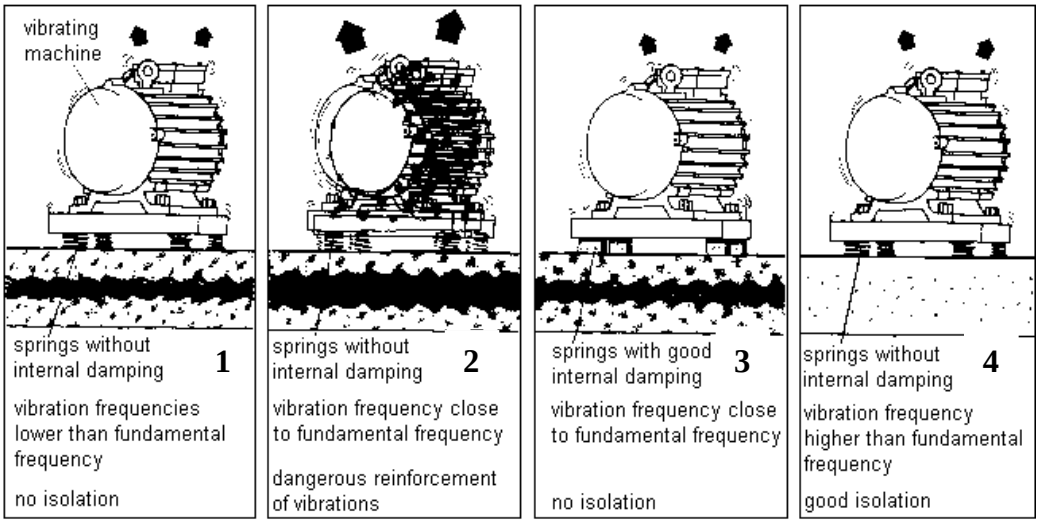
مثال:ایزوله کننده های ارتعاش از مواد مختلف و در شکلهای مختلف ساخته می شوند.





G3 صدای ناشی از ماشینهای مرتعش – نصب

یک ماشین که روی تعدادی فنر مستقر شده دارای فرکانسی به نام فرکانس اصلی است .ارتعاشات در فرکانس اصلی یا فرکانسهای نزدیک به آن ،به طور قابل توجهی دچار تشدید می شوند.اگر جایگاه استقرار ماشین سنگین یا خیلی سفت باشد فرکانس اصلی توسط ماشین، جایگاه استقرارش و استحکام فنرها به دست می آید.هرچه ماشین سبکتر باشد و سفتی فنر نیز بیشتر باشد فرکانس اصلی بیشتر می شود.می توان از تقویت ارتعاشات بوسیله یک فنر با میرا کنندگی داخلی خوب ، جلوگیری کرد.



1- فنری که در زیر ماشین مرتعش قرار گرفته میرا کنندگی داخلی خوبی ندارد- فرکانسهای ارتعاش از فرکانس اصلی کوچکترند- ایزولاسیون خوب نیست.

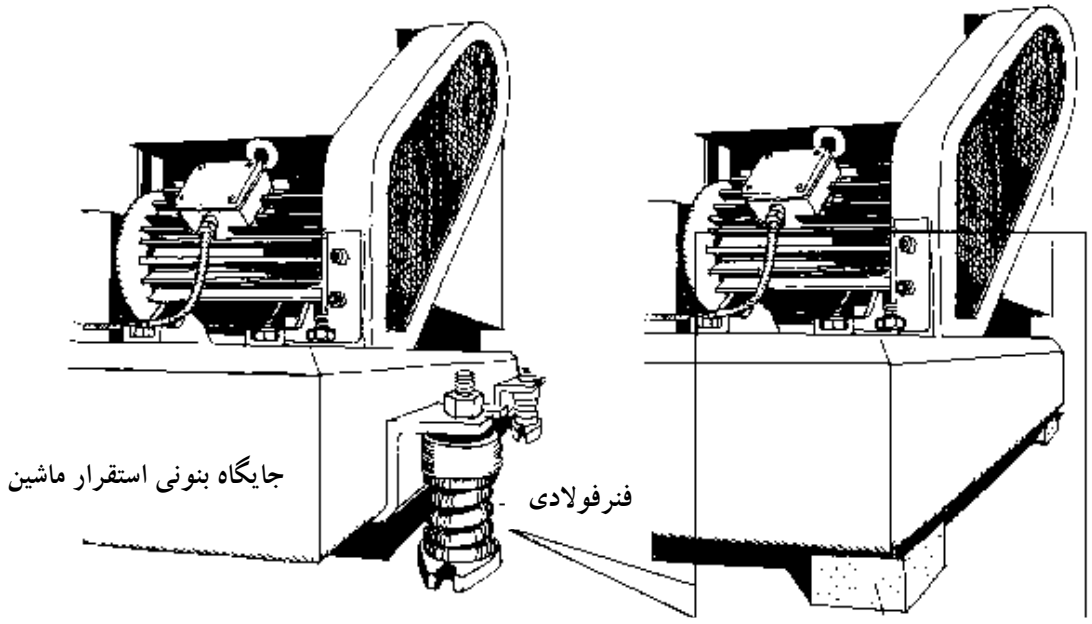
2- فنری که در زیر ماشین مرتعش قرار گرفته میرا کنندگی داخلی خوبی ندارد- فرکانسهای ارتعاش نزدیک به فرکانس اصلی هستند- تقویت خطرناک ارتعاش

3- فنری که در زیر ماشین مرتعش قرار گرفته میرا کنندگی داخلی خوبی دارد فرکانسهای ارتعاش نزدیک به فرکانس اصلی هستند- ایزولاسیون خوب نیست.

4- فنری که در زیر ماشین مرتعش قرار گرفته میرا کنندگی داخلی خوبی ندارد- فرکانسهای ارتعاش از فرکانس اصلی بالاترند- ایزولاسیون خوب است

مثال:دو فن با ساختمان یکسان که با فنرهای فولادی با میرایی داخلی ضعیف ، از نظر ارتعاش ایزوله شده اند.عملکرد ایزوله ها برای هر دو فن در طول یک عملیات یکسان نسبتا خوب است.اما یکی از فنها مکررا روشن می شود و سپس از حرکت باز می ایستد.هنگامی که این اتفاق رخ می دهد برای یک مدت کوتاه، فرکانس ارتعاش با فرکانس اصلی برابر می شود که آشفتگی شدیدی ایجاد می کند.

اقدام کنترلی: روی فنی که عملکرد نامنظم داشت میرا کننده های فولادی همراه با صفحاتی که دارای میرا کنندگی داخلی خوبی هستند (مثلا صفحات لاستیکی)نصب می شود.اگرچه این مقدار ایزوله ارتعاش کافی نیست اما آشفتگی ناشی از حرکت و دوباره ایستادن فن را از بین می برد.



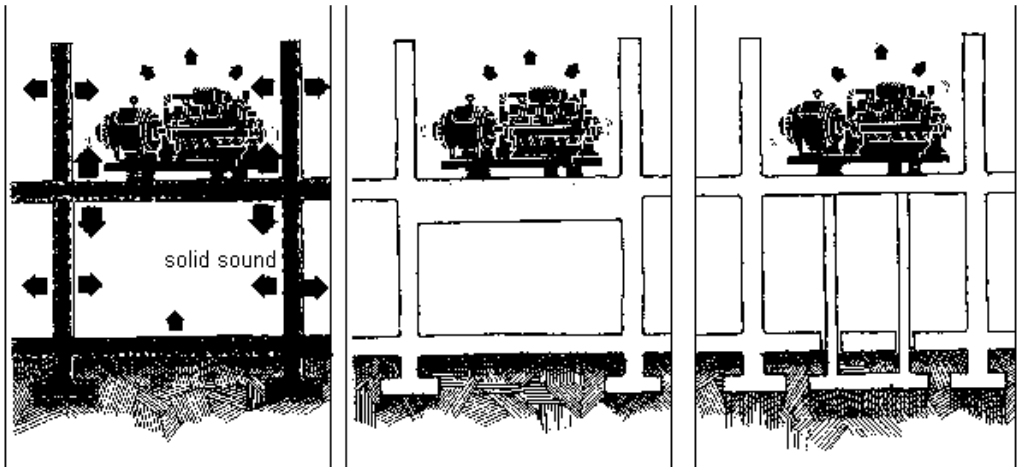
صفحات با میرا کنندگی خوب

G4 صدای ناشی از ماشینهای مرتعش – نصب

عایق کردن ارتعاشات ماشینها با فرکانس طبیعی پایین ممکن است نیاز به یک سطح سخت ومحکم داشته باشد.ایزوله کردن ارتعاشات یک ماشین ومحل استقرارش با فرکانس طبیعی پایین ، خیلی مشکل است مگر اینکه محل استقرار ماشین(کف ساختمان) خیلی سفت و محکم باشد.در این

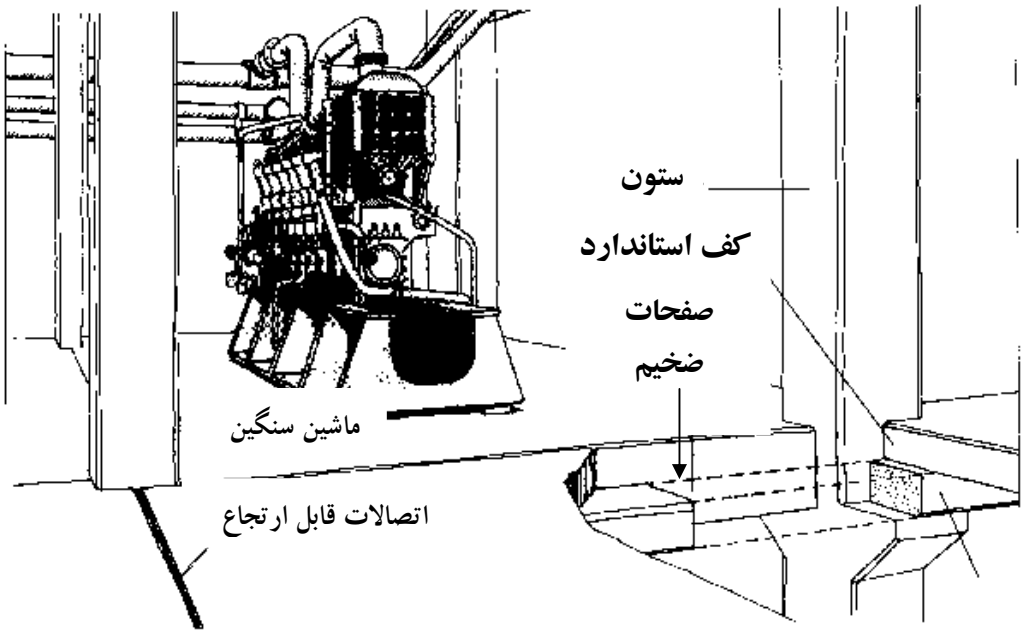
موارد ممکن است نیاز به محل استقراری باشد که خیلی سفت و سنگین بوده ویا با استحکامات ستونی محکم شده باشد

زیرفنرها تیرکوبی شده است استفاده از نورد های ضخیم در کف ماشین سنگین – ارتعاشات یا فرکانس پایین



مثال:یک شرکت در حال طراحی یک ساختمان است که در این ساختمان نیاز به فرار از ارتعاش و صدا،امر مهمی به شمار میرود.همچنین دراین ساختمان جابه جایی و جایگزینی ماشینها باید امکان پذیر باشد.

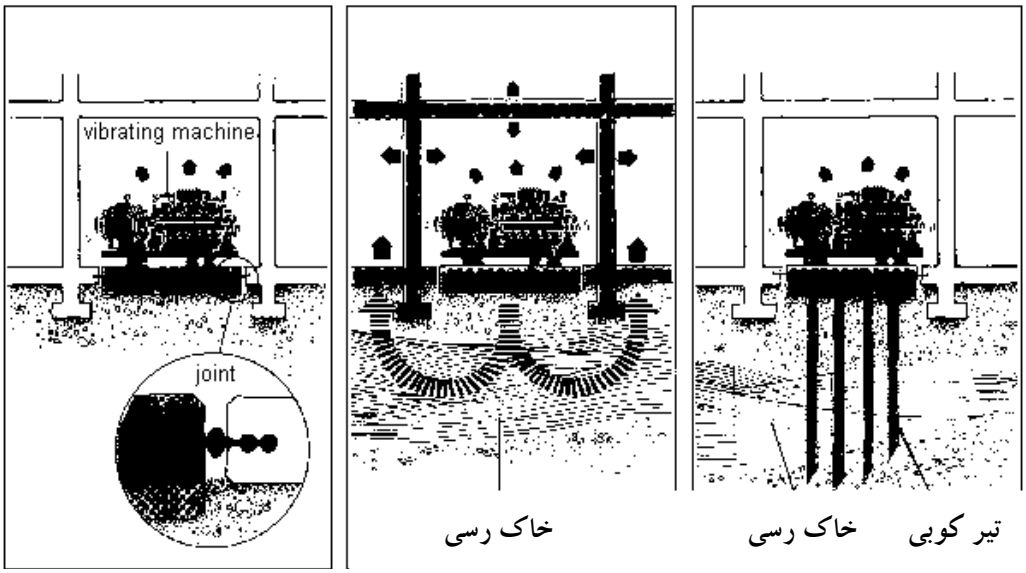
اقدام کنترلی:ساختمان با صفحات بتونی بزرگ، روی یک سیستم بتونی وتیر آهنی ساخته می شود.صفحات بتونی که انتظار میرود وزن ماشینهای سنگین را تحمل کنند با استحکامات قوی تقویت می شوند .اگر ماشینهای سنگین بعدا اضافه شوند صفحه بتونی معمولی جابه جا شده وبا یک صفحه ضخیم تر تعویض می شود.



G5 صدای ناشی از ماشینهای مرتعش – محل استقرار ماشین

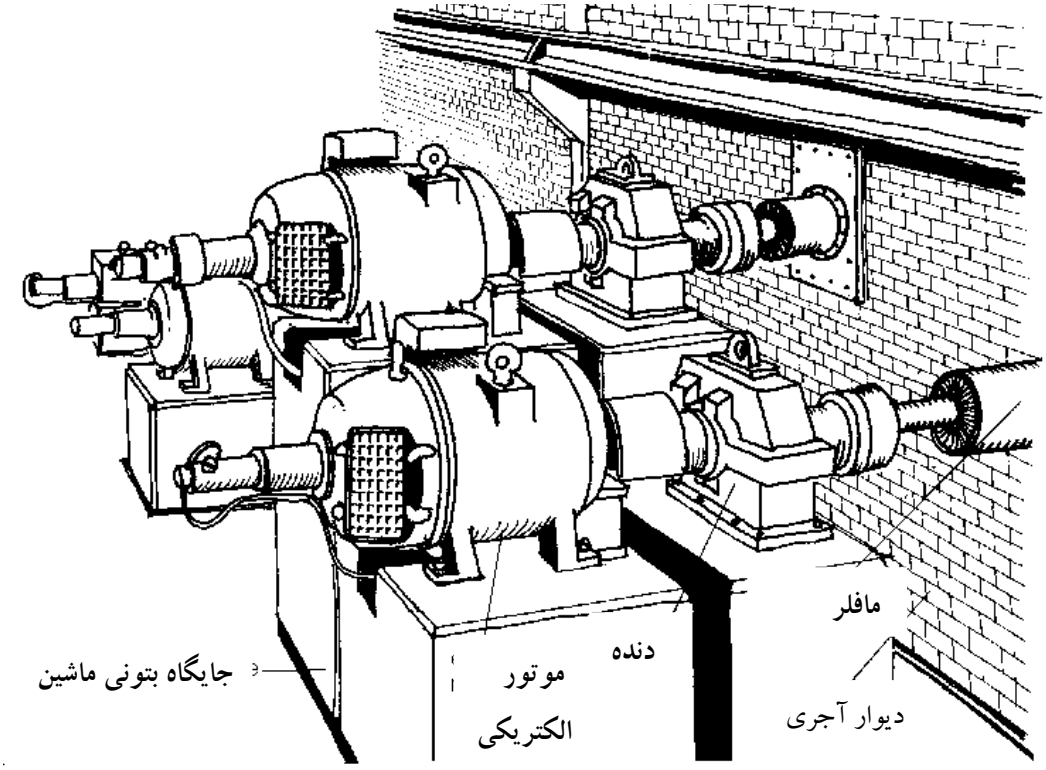
یک لایه جدا ، بهترین مانع صوتی را در برابر صدای ناشی از سطوح سخت ایجاد می کند.

یک راه خوب برای ایزوله کردن ارتعاش ماشینهای سنگین با فرکانس ارتعاش طبیعی پایین، قرار دادن آنها روی صفحات بتونی است که این صفحات به طور مستقیم روی زمین قرار می گیرند.اگر صفحه زیرین ستون از سایر قسمتهای ساختمان بوسیله یک سری اتصالات، جدا شود حفاظت موثر تری به دست می آید.اگر زمین کف دارای یک لایه خاک رسی است ممکن است تیر کوبی زیر صفحه بتونی لازم باشد.



مثال:موتورهای چرخنده که با دنده ها و دیفرانسیل به ماشین کاغذ ساز وصل شده اند باعث صدای بلند و ارتعاشات در ماشین می شوند.آنها گهگاهی نیازمند سرویس و نگهداری هستند که عموما در زمانی که ماشین خاموش است عمل سرویس کردن انجام می شود.بنابر این اگر از انتقال صدا از این ماشینها به سایر قسمتها جلوگیری شود تولید صدا مانعی نخواهد داشت.

اقدام کنترلی:اتاق موتورها دارای صفحه زیرین ضخیمی است که با زمین سفت تماس خوبی دارد همچنین صفحه زیرین موتور با مواد پلاستیکی چین دار(حصیری شکل) نسبت به ارتعاش ایزوله شده است.از ورود صدا به سایر اتاقها توسط یک دیوار آجری جلوگیری می شود .سوراخهایی که در این دیوار برای عبور محورهای متصل به موتور در نظر گرفته شده است با مافلرها پوشیده شده اند.

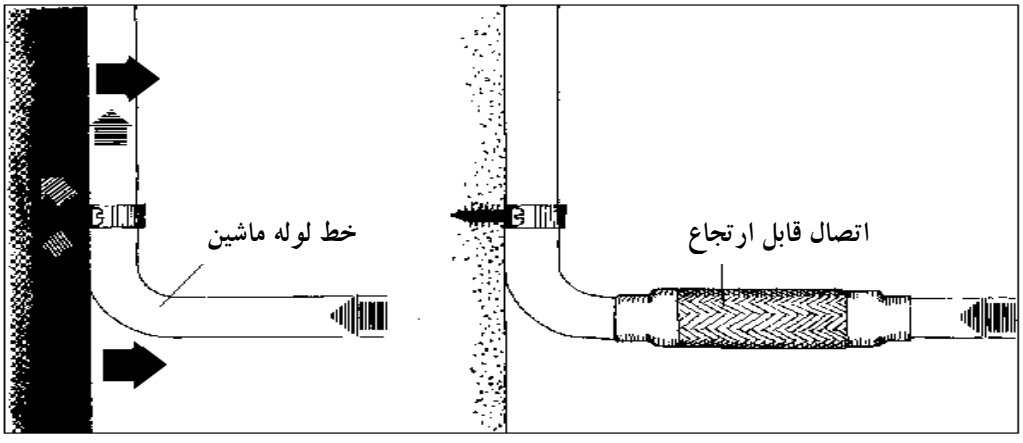


G6 صدای ناشی از ماشینهای مرتعش – محل استقرار ماشین

صدای گذرنده از اتصالات سخت می تواند بلوکه شود

اگر صدا از میان اتصالات مورد نیاز برای روغن کاری ، برق ،آب و.. بگذرد ایزوله کردن ارتعاش یک ماشین ممکن است موثر واقع نشود.بنابر این این اتصالات باید قابل انعطاف باشند.

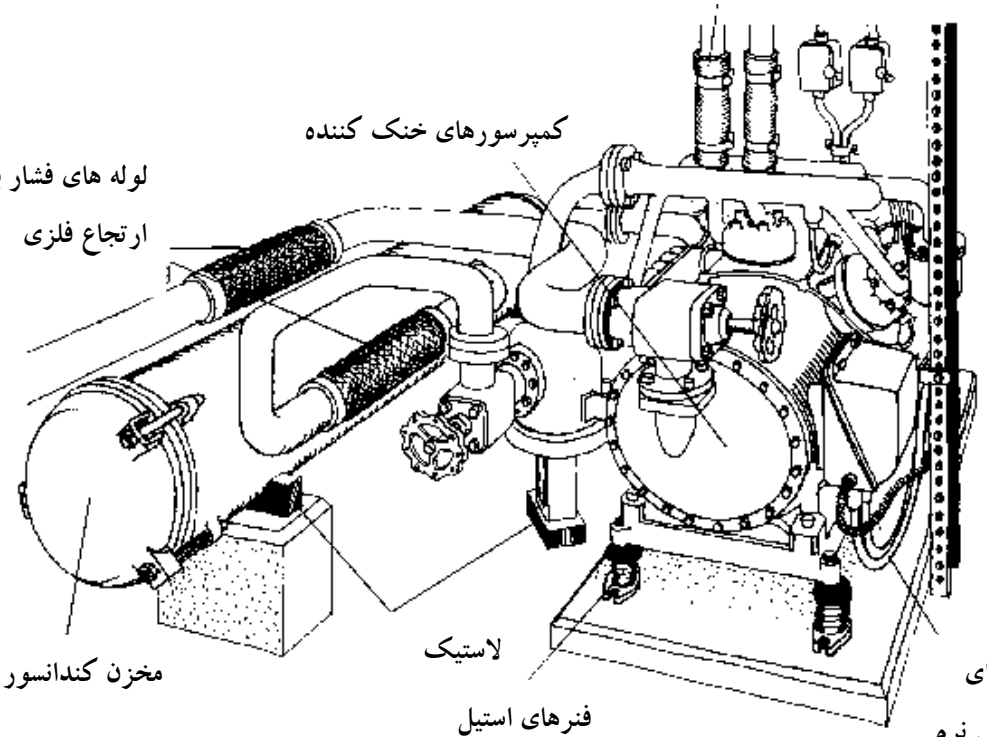
اگرمحل استقرار ماشین سفت وسنگین باشد حرکات ماشین کم خواهد شد.



مثال:در اثر تکانهای فشاری شدید در مـایع در اثـر فعالیـت کمپرسورسیـستمهای سرمایـشی ممکـن است از منابع اصلی تولید صدا باشند

اقدام کنترلی:ارتعاش کمپرسور را می تـوان بـا فنرهـای فـولادی ایزولـه کـرد بـه عـلاوه بایـد از اتصالات قابل ارتجاع برای لوله های ورودی و لوله های تخلیه استفاده کرد.

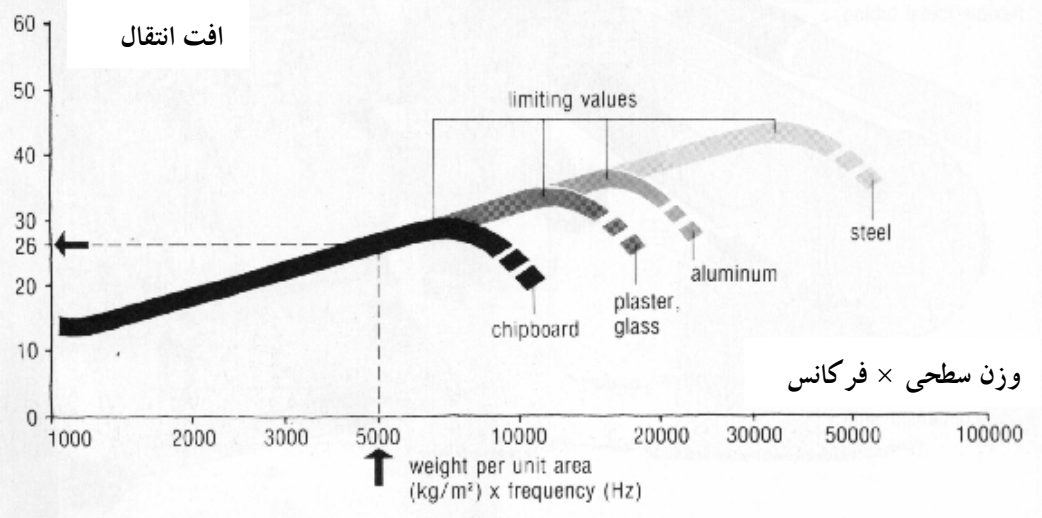
خط لوله فشار پایین که با لوله های لاستیکی محکم شده



H1 کاهش صدا در دیوارهای محصور کننده- افت انتقال

افت انتقال یک دیواره ساده از وزن سطحی آن تخمین زده می شود.

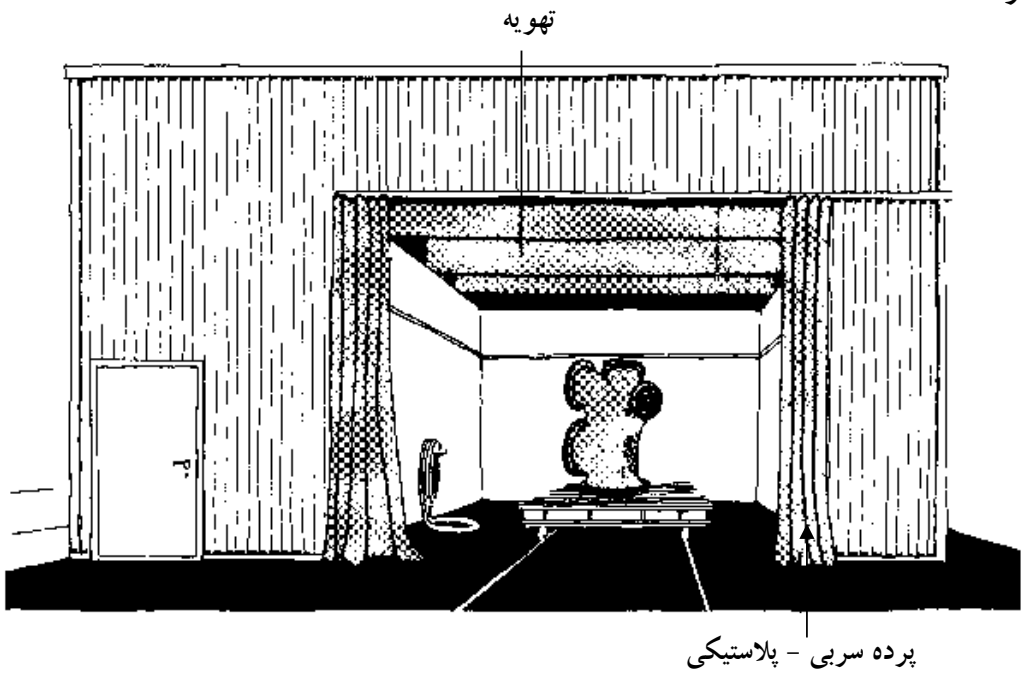
TL یا افت انتقال، توانایی دیوارها را برای جذب صدای ناشی ارتعاشات مشخص مـی کنـد TL هم در واحد db بیان میشود.TL برای یـک دیـواره همگـن(سـاخته شـده از یـک مـاده)، از وزن سطحی ، که با واحدهای $\frac{Kg}{m^2}$ یا $\frac{lb}{ft^2}$ به دست می آید.



مثال نمودار: یک صفحه سبک با ضخامت 15 میلی متر در 500 هرتزچه افت انتقالی خواهد داشت $10 \times 500 = 5000$ پس TL=26

مثال:عملکرد یک سند بلاست صدای زیادی تولید می کند یک اتاقک جدادر دسترس می باشد که از یک لایه نازک به صورت پرده ای شکل(به عنوان یک مانع صوتی) پوشیده شده است.

اقدام کنترلی:یک اتاق جدا برای این عملیات ایجاد می شود تجهیزات بلاست کننده از سایر محیطهای کاری بوسیله یک پرده سربی- پلاستیکی که خیلی سنگین و قابل انعطاف است جدا می شوند.

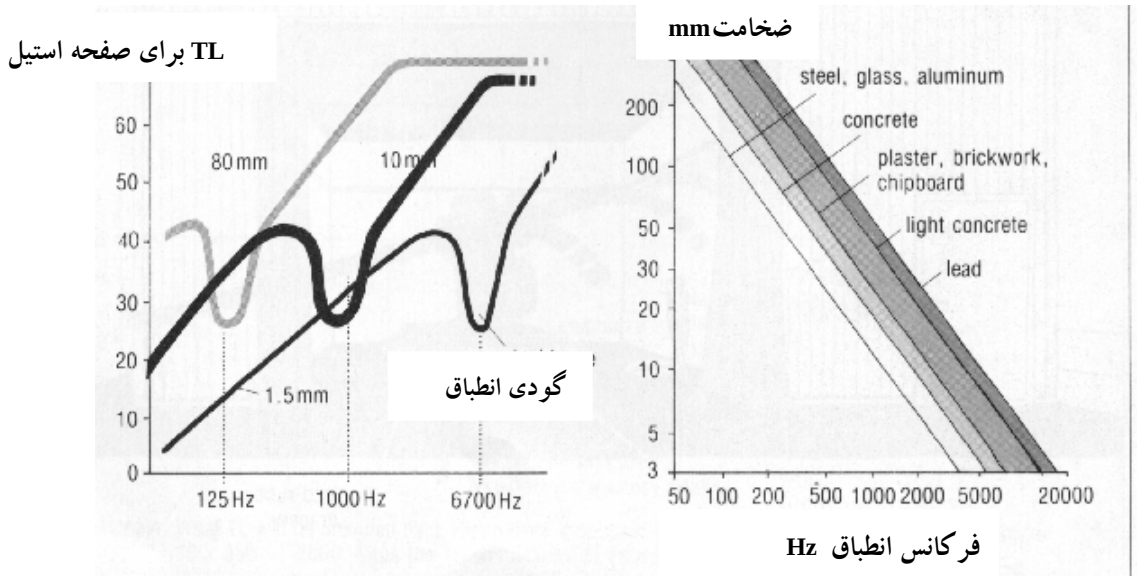


H2 کاهش صدا در دیوارهای محصور کننده- افت انتقال

یک دیواره ساده ایزوله صوتی ضعیفی را در یک فرکانس مشخص تامین خواهد کرد.

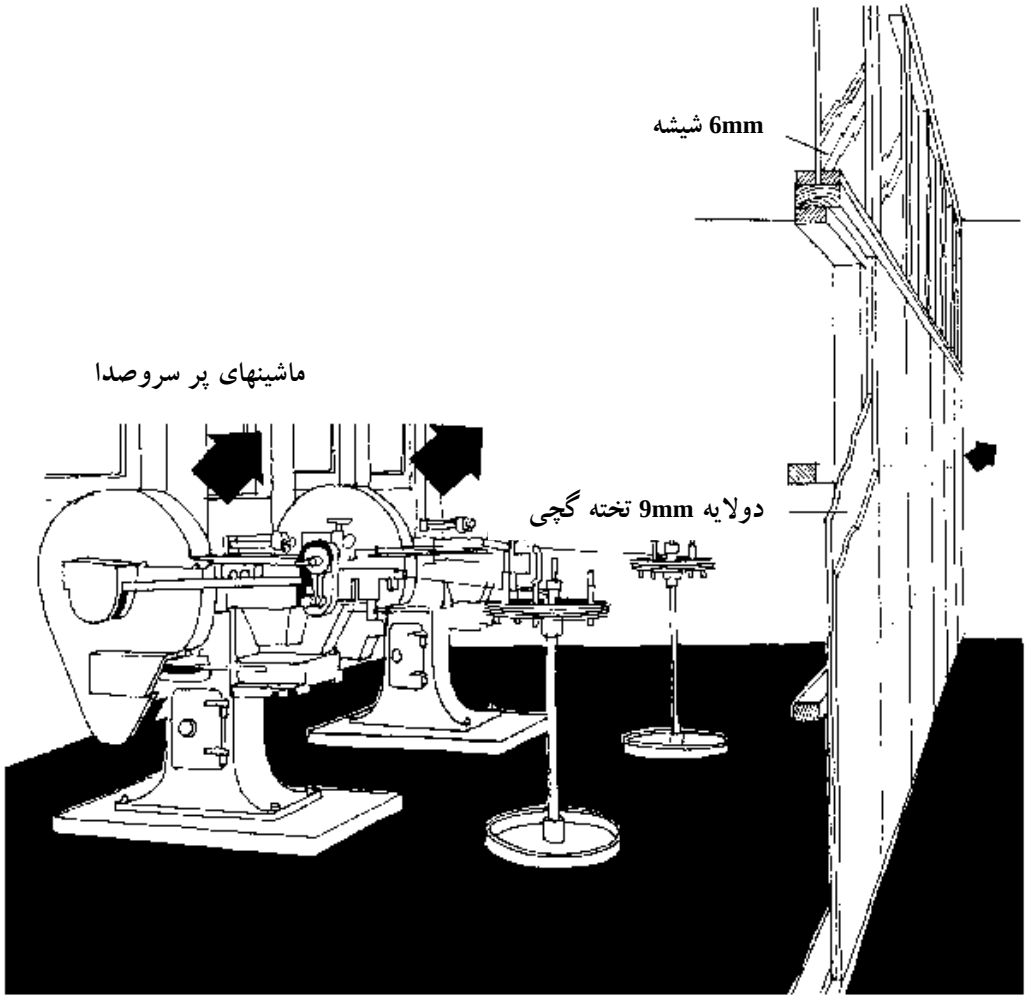
برای یک دیواره اگر TL از یک مقدار مشخص(مرتبط با وزن در واحد سطح) کمتر شود،فرکانس تشدیدی پیش می آید.مانند آنچه در شکل نشان داده شده است

اگر دیوار دارای میرا کنندگی داخلی خوبی باشد گودی انطباق حذف خواهد شد



مثال:در پشت دیوار انتهایی یک اتاقک، تعدادی ماشین با تراز peak حدود 1000 هرتز قرار دارند.انتهای اتاق با یک دیوار 25 میلیمتری از صفحات سبک(chipboard) ویک شیشه 6 میلیمتری ایزوله شده است.این ایزولاسیون بی اثر است چون صفحه سبک گودی انطباقی در حدود 1000 هرتز دارد .(یعنی در 1000هرتز افت انتقال این ورق کم است و صدایی که ما در محیط کار داریم صدایی با همین فرکانس است پس صدای عبوری از مانع خیلی زیاد است)

اقدام کنترلی : صفحه سبک با دو لایه تخته گچی با ضخامت 9 میلیمتر عوض میشود .این نوع ایزولاسیون صدا را در حدود 10 دسبیل کم میکند وزن لایه تخته گچی با وزن لایه 25 میلیمتری از صفحه سبک برابر است.اما از صفحه سبک به اندازه یک چهارم سختی کمتری دارد.

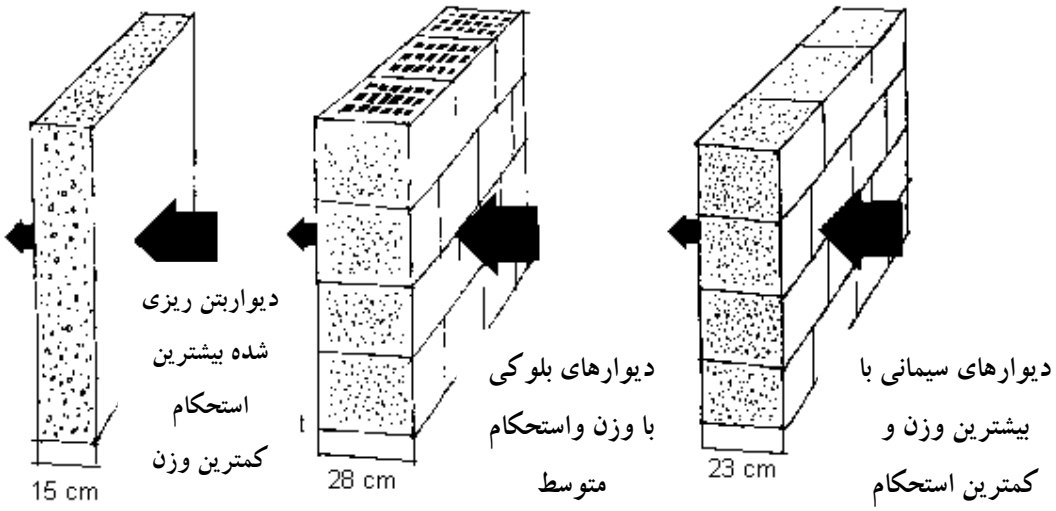


H3 کاهش صدا در دیوارهای محصور کننده- افت انتقال

استحکام ووزن در دیواره های ضخیم دوعامل مهم هستند.

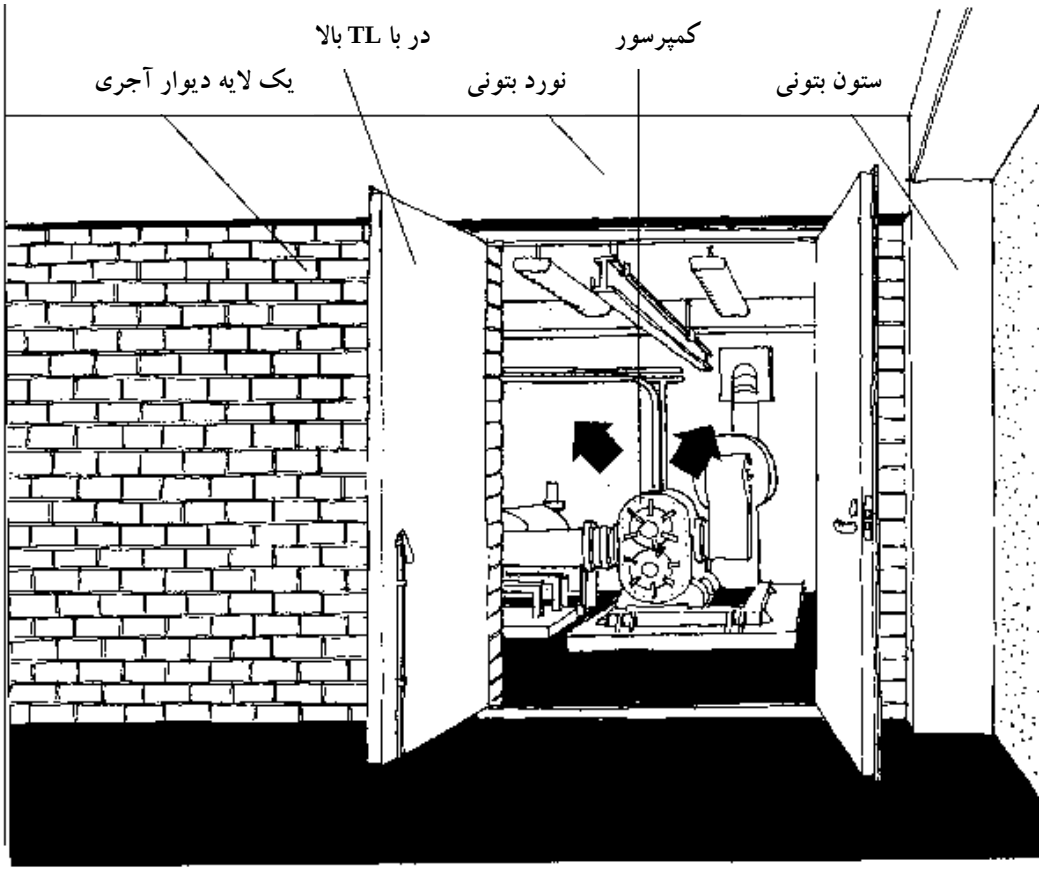
برای بیشتر دیوارهای تک لایه، گودی تطابق برای یک ضخامت 20سانتیمتری، نزدیک به فرکانس 100هرتز می باشد.در فرکانسهای بالاتر، افزایش ضخامت و استحکام،باعث ایجاد TL بزرگتری میشود.اگر دیوار بتون ریزی شده و آجری که دارای وزن مساوی هستند را از نظر TL باهم مقایسه کنیم، دیوار بتون ریزی شده از دیوار آجری استحکام بیشتری دارد پس TL بزرگتری ایجاد میکند.

دیوارهایی با TL یکسان:30dB در فرکانسهای پایین – 60dB در فرکانسهای بالا – وبه طور میانگین 55dB



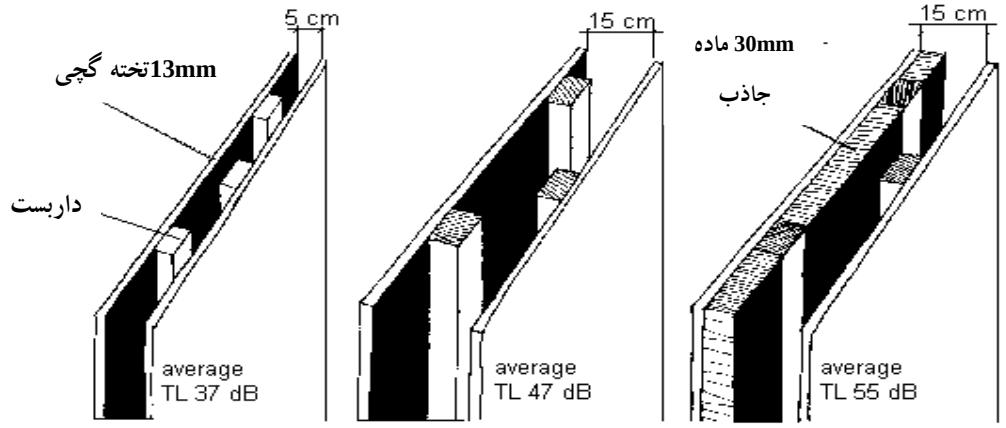
مثال:ماشینها در یک محیط باز بزرگ،در یک ساختمان صنعتی ، خطر صوتی ایجاد میکنند.

کنترل:ماشینها توسط دیوار آجری احاطه می شوند.

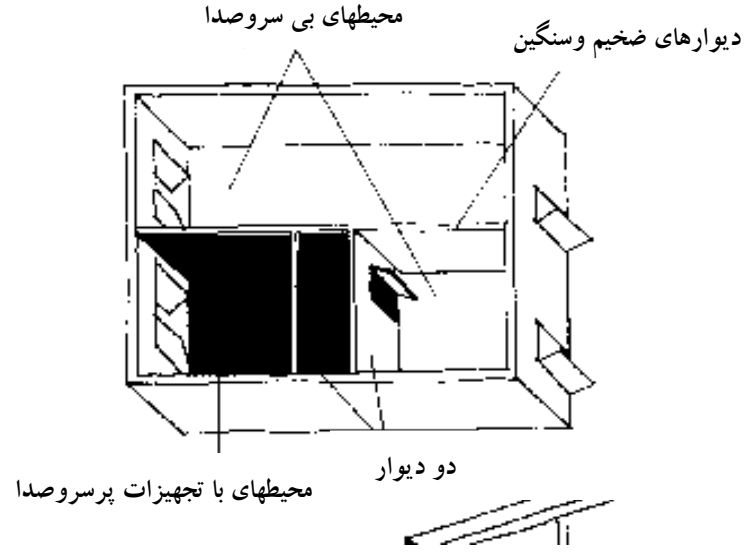


H4 کاهش صدا در دیوارهای محصور کننده- افت انتقال

دیوارهای دولایه سبک که بین آنها هوا قرار دارد ، TL خوبی ایجاد می کنند.اگر فاصله بین دو صفحه 15 سانتیمتر باشد TL بهتری خواهیم داشت.با استفاده از مواد جاذب صوت ما بین این دو صفحه، TL افزایش بیشتری نشان خواهد داد.اگر وزن دیوارهای تکی را 5 تا10 برابر سنگین ترکنیم با دیوارهای دولایه از نظر جذب برابری خواهد کرد.

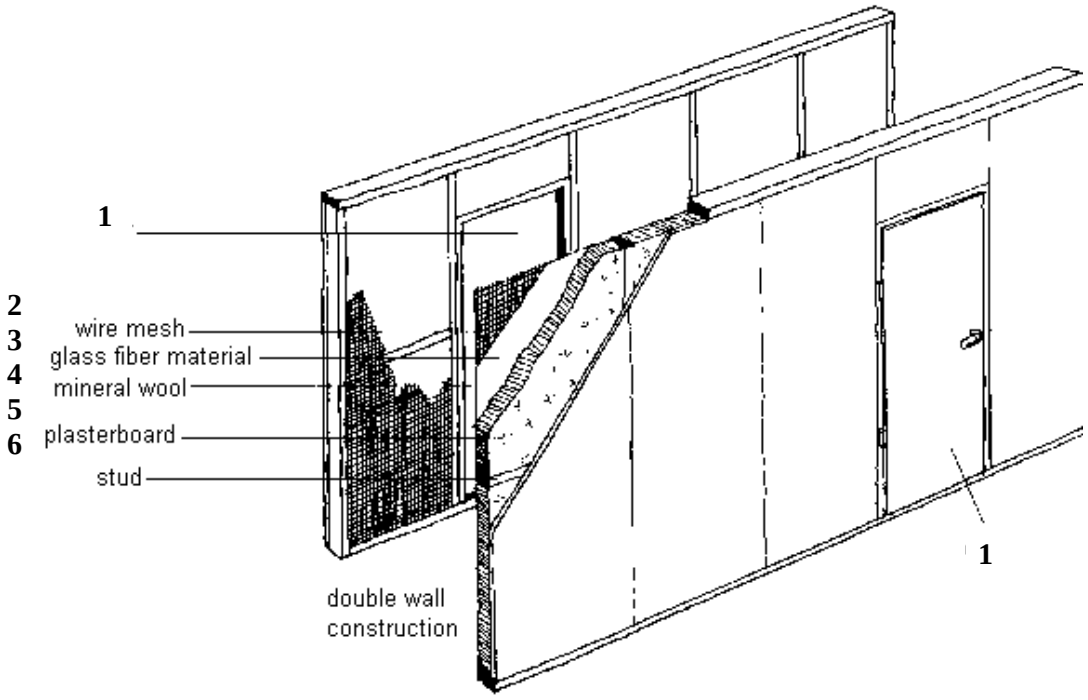


مثال:کارگرانی که دردو محیط جدا شده توسط دیوارهای نازک قرار دارنداز صدای شدید ماشینها آزرده میشوند.



اقدام کنترلی: ماشینها همه در انتهای کارخانه قرار داده شده اند. این قسمت بوسیله دو دیوار سبک که 30 دسیبل ایزولاسیون ایجاد میکند جدا شده اند. یک راهرو با چندین در به سمت دو

محیط آرام ایجاد شده است .حتی اگر درحین کار یکی از درها باز باشد این نوع ایزولاسیون بین محیطها ، حد اقل 35 دسیبل است. (ساختار دو دیوار مذکور رادر شکل ملاحظه فرمایید)



1- درها

2- تورهای سیمی

3- موادفایبر گلاس

4-پشم های معدنی

5- لایه های تخته گچی

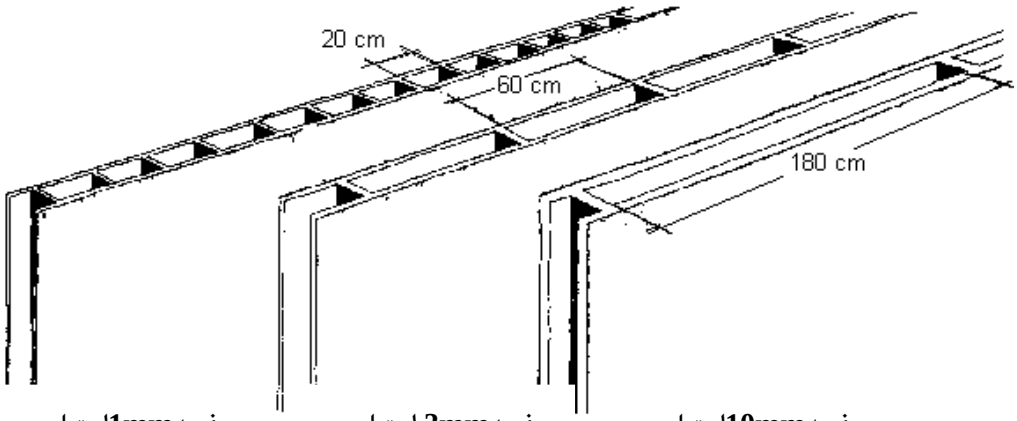
6- داربستها

H5 کاهش صدا در دیوارهای محصور کننده- افت انتقال

دیوارهای دولایه باید اتصالات کمی داشته باشند

دردیواره های دولایه بهترین TL زمانی ایجاد می شود که هر یک از دیواره ها به دیوار سنگینی وصل شوندویا فاصله بین دو اتصال در انتهاها بیشتر باشد.اگر لایه ها به داربستهای تکه تکه و نزدیک به هم بسته شوند،TL به طور قابل توجهی کاهش می یابد.هرچه لایه ها ضخیم تر باشند و فاصله بین داربستها بیشتر باشد،از کاهش TL به طور قابل توجهی پیشگیری می شود.

کمترین فاصله بین داربستها

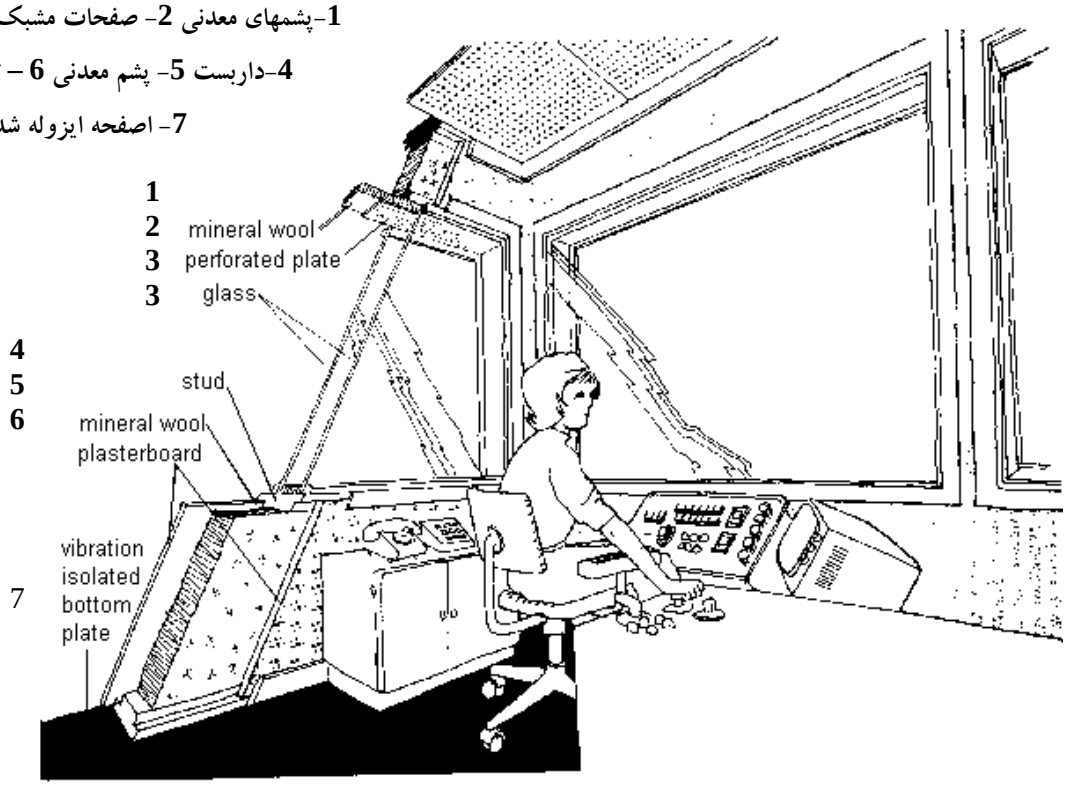


صفحه10mmاستیل صفحه3mm استیل صفحه1mmاستیل

مثال:درون اتاق کنترل ،برای یک ماشین، در کارخانه کاغذ پر سروصداست و فهم مکالمات تلفنی امکان پذیر نیست.

اقدام کنترلی: با قرار دادن صفحات نازک جاذب صوت بر روی داربستهای معمولی، یک اتاقک با ایزولاسیون خوب به دست می آید.صفحه کف کارگاه از ارتعاشات کف، ایزوله شده است.

1-پشمهای معدنی 2- صفحات مشبک 3- شیشه
4-داربست 5- پشم معدنی 6 – تخته گچی
7- اصفحه ایزوله شده در کف



اقدامات کنترلی صدا:

ادامه بحث مربوط به روشهای کنترل صداست، که با نتایج خوبی در محیطهای کاری متنوع، مورد استفاده قرارگرفته است.بسیاری از منابع به طور همزمان صدای ناشی از سطوح مرتعش و صدای هوابرد تولید می کنند.از این رو در بسیاری از مواردچندین اقدام کنترلی باید اعمال شود.

اعمال تغییرات در ماشینها و تجهیزات

ماشینها یا قطعات پر سرو صدای آنها به منظور کنترل صدا باید شناسایی شوند باید در طراحی روشهای کنترلی صدا ، به روشهای نگهداری و سرویس ماشینها توجه کرد.

روشهای کنترلی می توانند شامل قسمتهای زیر باشند:

- حذف یا کاهش برخورد بین قطعات ماشین
- کاهش تدریجی سرعت در حرکات رفت و برگشتی
- در صورت امکان جایگزین کردن قطعات فلزی با قطعات نرم تر لاستیکی
- محصور کردن ماشین، مخصوصا محصور کردن قسمتهای پر سرو صدا

طراحان باید به نکات زیر توجه داشته باشند:

- انتخاب شیوه انتقال نیرو که به ما این اجازه را میدهد تا آرامترین سرعت منظم را داشته باشیم.برای مثال سرعت چرخشی کنترل شده در الکترو موتورها.
- ایزوله کردن منابع مرتعش در ماشینها که عامل اصلی تولید صدا هستند.
- تامین TL مناسب و درز گیری درهایی که برای ماشین ها به کار برده شده اند.

می توان صدای تجهیزات موجودرا به اندازه صدای تجهیزات جدید بدون استفاده از پروسه های پیچیده کنترل کرد.

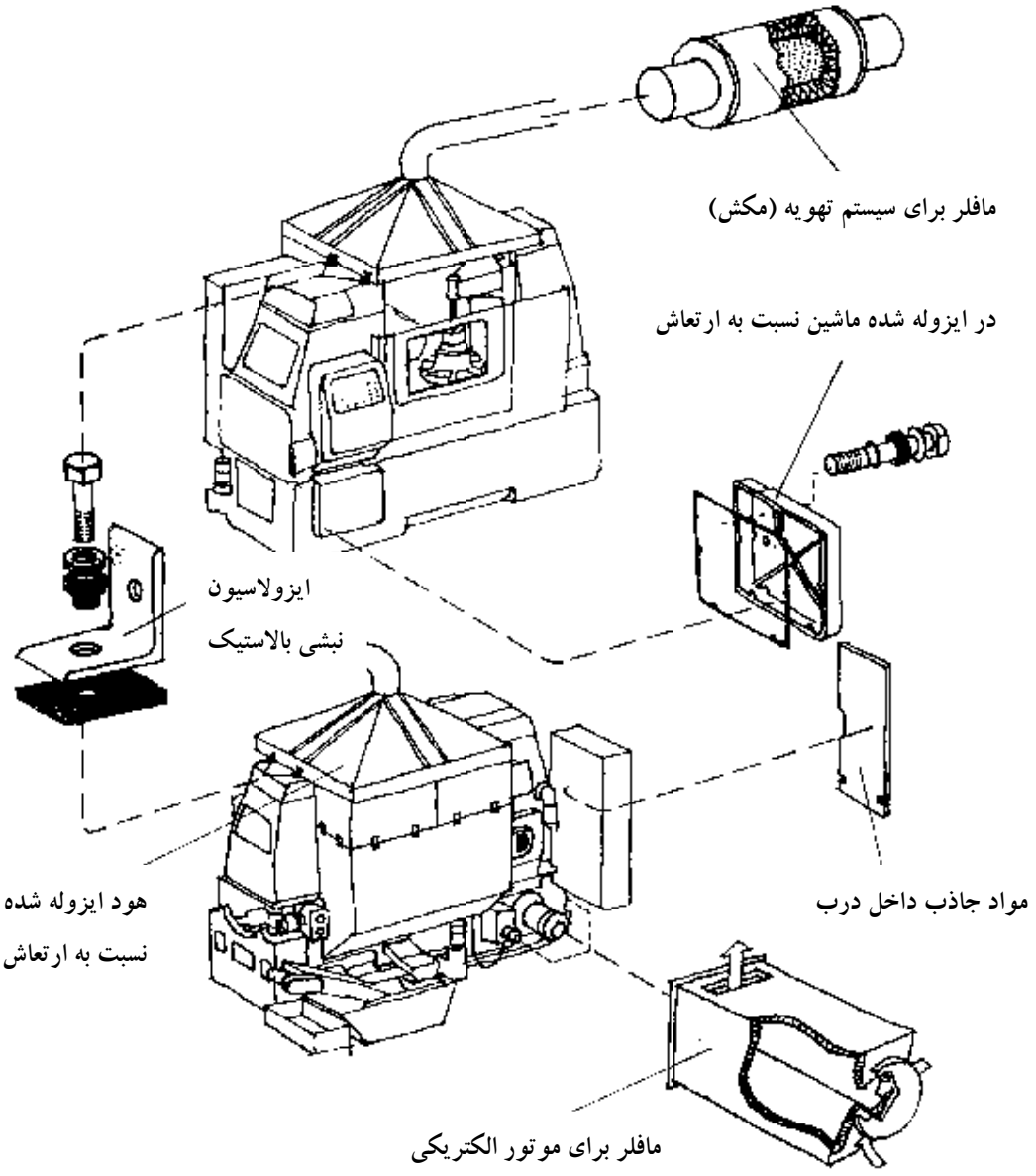
اقدامات کنترلی رایج:

- تهیه مافلر برای خروجی هوای شیر فلکه های پنوماتیک
- تغییر نوع پمپ در سیستمهای هیدرولیکی
- جایگزین کردن فنهایی با چرخش آرامتر و قرار دادن مافلرها در کانال سیستمهای تهویه
- تهیه مافلر برای موتورهای الکتریکی
- تهیه مافلر برای ورودی کمپرسورهای هوا

در یک کارگاه صنعتی جدید،امکان اعمال تغییرات بیشتری وجود دارد مانند:

- نصب انتقال دهنده های نیرو و موتورهای آرامتر و بی سرو صداتر.
- استفاده از سیستمهای هیدرولیکی که دارای مخزن روغن جدا هستند واکومولاتورهای آنها در خروجی پمپها قرار دارد .همچنین طراحی خط لوله برای سرعت جریانهای پایین(ماکزیمم 5 متر برثانیه)
- طراحی کانالهای تهویه با مافلرهای ورودی فن و سایر مافلرها، برای جلوگیری از انتقال صدا در کانال بین محفظه های آرام و پر سرو صدا

شکل زیر انواع مختلفی از اقدامات کنترلی را برای صداهای هوابرد و ناشی از سطوح سخت در یک ماشین ابزار سازی نشان می دهد.

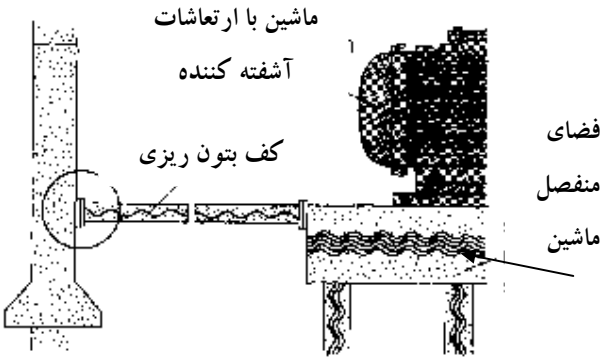


کنترل صدای ناشی از سطوح مرتعش :

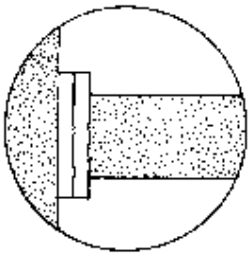
ارتعاشات در ماشینها اغلب در اثر لغزش یا شل شدن اتصالات بوجود می آیند در چنین مواردی آشفتگیهای ایجاد شده را میتوان توسط تعمیر یا تعویض قطعات کاهش داد.

- **ایزوله کردن کف ساختمان از ارتعاشات ماشین**
- **قرار دادن ماشینهای بزرگ وسنگین روی پایه های جدا این ماشینها باید بدون تماس با سایر قسمتهای ساختمان روی ،روی قسمت جداگانه ای از زمین قرار داده شوند**
- **ایزوله کردن سطوح ماشین برای کاهش انتشار صوت .**

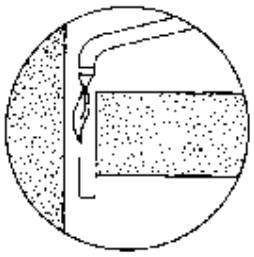
درمورد ماشینهای مرتعش سنگین باید محل استقرار جداگانه ای برای ماشین در نظر گرفت به علاوه یک اتصال جدا کننده برای جلوگیری از انتقال صدا به سایر قسمتهای ساختمان باید در نظر گرفته شود.



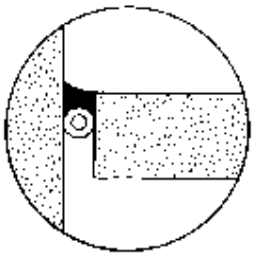
(درمورد ماشینهای مرتعش سنگین ،میتوان محل استقرار ماشین را جدا در نظر گرفت به علاوه یک اتصال جدا کننده برای جلوگیری از انتشار صوت مورد نیاز است)



همه اتصالات ،با دولایه 10 میلیمتری پلاستیک متخلخل طراحی شده اند که قبل از بتون ریزی ، باعث اتصال جایگاه ماشین به ساختار بنا می شوند.

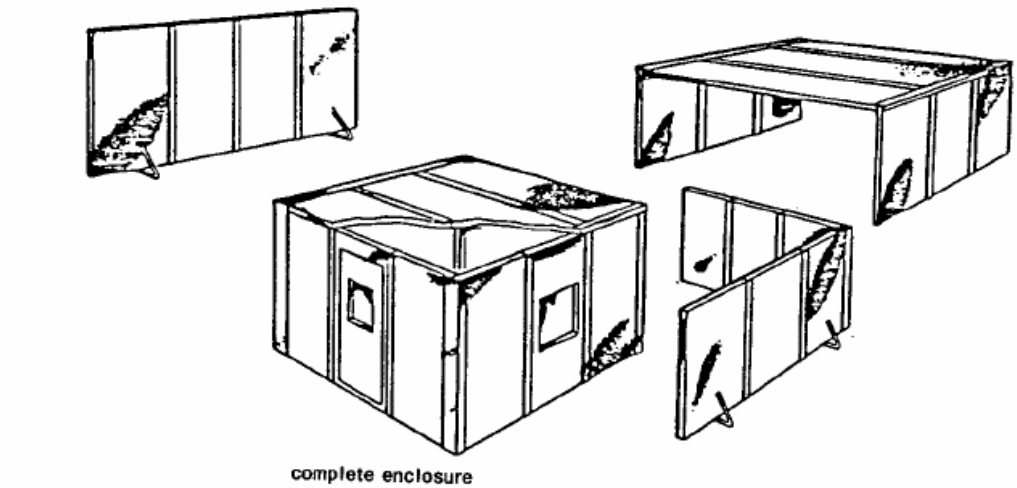


بعد از بتون ریزی این اتصالات از بین رفته یا سوزانده می شـوند .سـنگ ریزه ها و سایر مواد ریزنباید در محل اتصال وجود داشته باشند.



محل اتصال را با یک تکه پلاستیکی فشرده شده می پوشانند سپس سـطح آن را بسته و بامواد قابل ارتجاع مهرو موم می کنند.

شکل زیر اقسام مختلف محصور کننده ها را نشان می دهد.



مثالهای کاربردی :

برای آنکه آنچه دربالا گفته شد بهتر تفهیم شود.به تجزیه و تحلیل چند نمونه واقعی در صنعت می پردازیم

مورد اول:این دستگاه برش در گوشه ای از سالن تولید قرار گرفته است .مشکل در اینجا این است که صدای این دستگاه برای افرادی که در کنار آن کار می کنند ایجاد مزاحمت می کند .اول باید در طراحی کاری برای سقف سالن می کردند .برای اینکه سقف خودش صدارا شکسته و دوباره به سالن بر می گرداند.بنابراین تخته کوبی آکوستیک در سقف مانع انعکاس مجدد صدا از سقف می شود.با کوبیدن تخته هایی از این نوع صدا در حدود 3dB(A) کاهش می یابد.

قدم بعدی این است که سه مانع صوتی بزرگ که روی چرخ قرار دارند در اطراف دستگاه گذاشته شوند موانع سیار در سالن بهترین راه حل را در اختیار ما قرار می دهند.اینگونه حفاظ ها را می توان در صورت لزوم به هر جا که نیاز باشد منتقل کرد . این موانع صوتی به همراه تخته کوبی آکوستیک صدارا در حدود10dB(A) کاهش میدهند. یعنی صدایی که باعث ناراحتی افراد بوده است تا٪ 50 کاهش یافته است .

(دستگاه برش در گوشه سالن)

(سقف سالنی که ماشین برش در آن قراردارد خود عامل انعکاس صداست)

(تخته کوبی سقف صدا را 3 دسیبل کاهش می دهد)

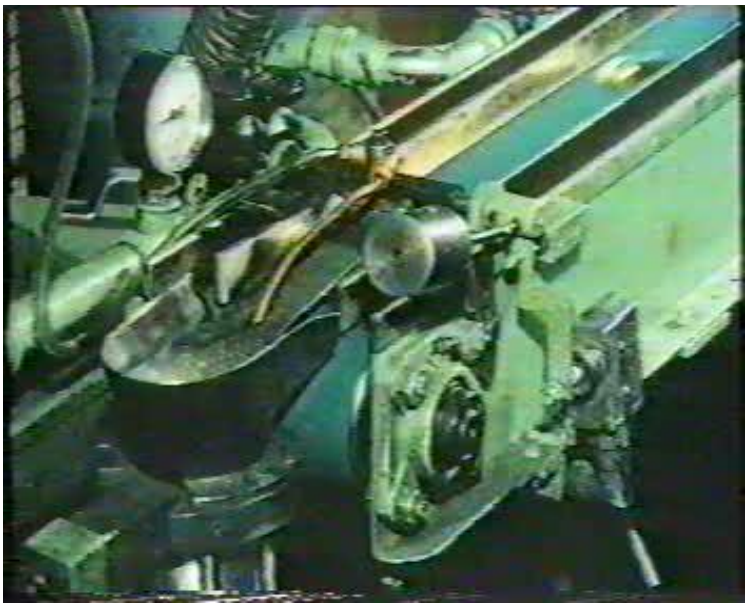
این سه مانع بزرگ صوتی سیار در اطراف دستگاه قرار داده می شوند.

(انتقال موانع)

مورد دوم:

در یک کارخانه دستگاههای اتوماتیکی وجود دارند که درب قوطی تولید میکنند.در این کارخانه پرسهایی وجود دارند که در هر دقیقه 600 درب قوطی تولید می کننـد .پـس در مجمـوع پرسـها وسایر دستگاه ها صدای زیادی تولید می کنند. در ابتدا کارخانه به این فکر افتاد که صدای منـابع را جداگانه از بین ببرد. بعد متوجه شدند که این کار علاوه بـر اینکـه فـوق العـاده مـشکل اسـت ، هزینه بالای نیز دارد.بنابرای سعی کردند راه حل دیگری پیدا کنند.آنها متوجه شدند از بـین بـردن مثلا 8 منبع صدا ، فایده ای برای آنها نخواهد داشت.چرا که با حـذف صـدای ایـن دسـتگاه هـا 8 دستگاه آنها کار نخواهد کرد،آن هم فقط برای اینکه صدای بیشتری تولید نـشود.بعـد از اینکـه بـا کسانی که روی این دستگاهها کار میکردند مشورت شد بـه ایـن نتیجـه رسـیدند کـه دسـتگاهها را محصور کنند.و نتایج خوبی به دست آمد صدا در حدود20 دسیبل کاهش یافت.اما کـار بـه اینجـا ختم نمی شد بعضی از دستگاهها نیازمند مواد خام بودند که این مشکل هـم از طریـق دریچـه هـای کشویی بالا رونده حل شد.

نمونه ای از دستگاههای تولید کننده صدا در کارخانه مذکور

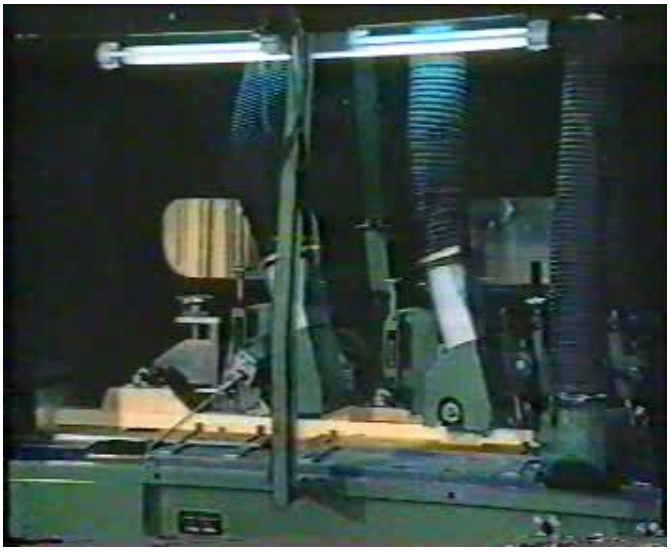


استفاده از محصور کننده ها برای کنترل صدا

قرار دادن مواد خام در دستگاه از طریق قرار دریچه های کشویی

مورد سوم:

در یک کارگاه نجاری یک ماشین برش چوب صدای زیادی تولید می کند .اطراف قسمت برش را می توان بوسیله محصور کننده های صوتی قابل حرکت پوشاندو صدارا به میزان قابل توجهی کاهش داد.



ماشین برش چوب قبل از قرار دادن محصور کننده ها

ماشین برش چوب بعد از نصب محصور کننده ها

مورد چهارم

در یک کارخانه، موتور گرداننده یک دستگاه دارای پوششی برای تسمه وفلایویل است که صدای زیادی تولید می کند .برای کنترل صدا پوشش را باز کرده و بوسیله چسب ، یک صفحه لاستیکی رو آن می چسبانند صدا به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد .

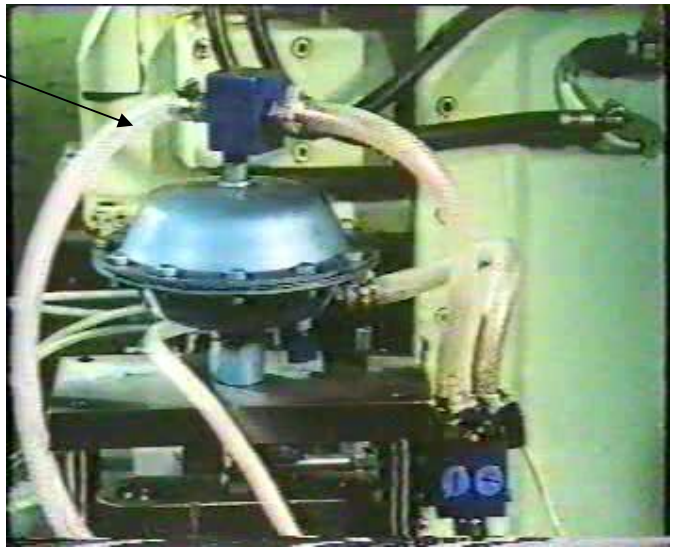
پوشش تسمه وفلایویل توسط یک لایه لاستیکی پوشانده می شود

مورد پنجم

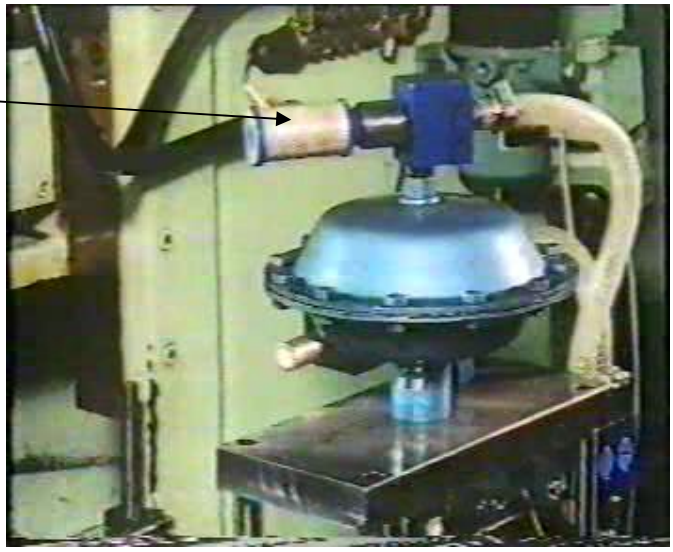
کپرسور هوا:صدای کمپرسور هوایک مشکل دیگر صدا دار است.این صدا یکی از متداول ترین صدا ها در صنعت می باشد.ساده ترین راه برای تقلیل دادن صدا این است که هوای خروجی را طریق لوله خارج کنیم .لوله هواراآزاد می کند و نمی گذارد به کمپرسور فشار وارد شود.

یک روش دیگر استفاده از خفه کننده های صداست.

نصب یک شیلنگ یا لوله وتقلیل صدا

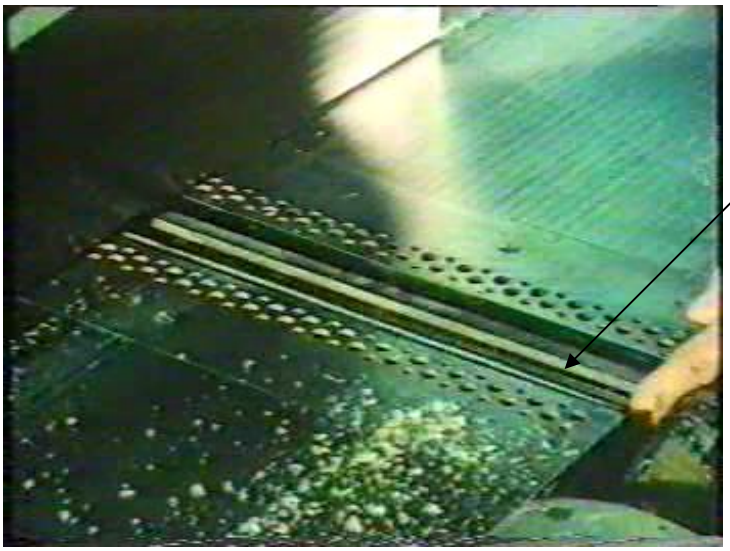


استفاده از یک صدا خفه کن ساده



مورد ششم :

یک دستگاه رنده چوب دارای یک قسمت گردنده است که تیغه های صافی روی آن قرار گرفته اند این تیغه ها به طور مکرر به سطح چوب برخورد کرده وصدای زیادی تولید میکند.برای کنترل این صدا بایدروی قسمت گردنده تیغه های مارپیچ نصب کرد تا از برخورد مکرر تیغه ها با چوب جلوگیری کرد.



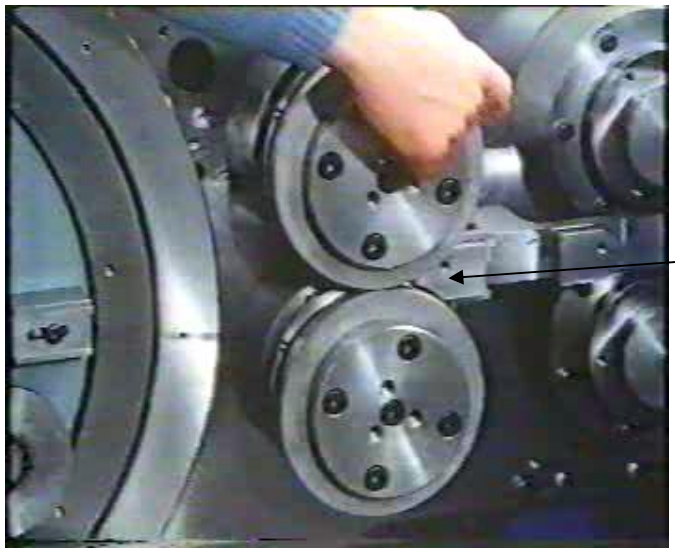
قسمت گردنده با تیغه های صاف

قسمت گردنده با تیغه های مارپیچ

مورد هفتم:

در یک کارخانه میخ سازی یک ماشین تولید کننده میخ با حرکات رفت و برگشتی کار میکند. که صدای زیادی تولید می کند.اگر این ماشینها را با ماشینهای جدیدتر کـه بـا حرکـات گردشـی کار میکنند عوض کنیم صدا کاهش می یابد.

دستگاه تولید میخ با حرکات رفت و برگشتی



کنترل ارتعاش:

ارتعاش در سیستم تهویه مطبوع ممکن است باعث آزار افرادی که در طبقه های زیرین قرار گرفته اند بشود.همانطور که در شکل می بینید پایه ها ی موتور ارتعاش را به زمین انتقال می دهند.

برای از بین بردن ارتعاش در دستگاه فوق میتوان از مواد ایزوله کننده ارتعاش در پایه های دستگاه استفاده کرد.

استفاده از ایزولاتور

ارتعاش در پایه ها

اشکال زیر یکسری مواد عایق کننده ارتعاش را نشان می دهد

ایزولاتور ارتعاش
لاستیکی برای پایه ها