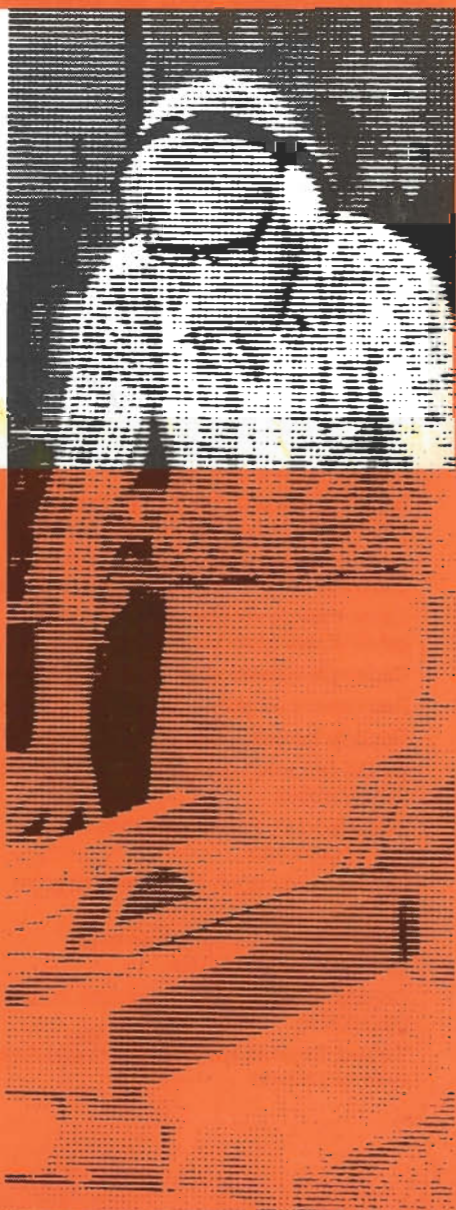


Lawaai bestrijding in de praktijk



Bij deze uitgave ...	3
Mens en lawaai	4
Een programma voor de lawaai- bestrijding	6
Methoden van lawaaibestrijding	9
Algemene bestrijdingsmaatregelen	10
Praktische voorbeelden van lawaaibestrijdingsmaatregelen	
Laagfrequent geluid buigt om obstakels en gaat door openingen	16
Hoogfrequent geluid kan sterk gericht zijn en buigt niet om obstakels en bij openingen	18
Geluidsbronnen mogen niet te dicht bij wanden, vloer of plafond worden geplaatst	20
Veranderingen in kracht, druk of snelheid kunnen leiden tot lawaai	22
Lichte voorwerpen met geringe snelheid veroorzaken het minste geluid	24
Trillingen in voorwerpen hebben een grote oppervlakte nodig om luchtgeluid op te wekken	26
Kleine trillende voorwerpen stralen minder geluid af dan grote voorwerpen	28
Gedempte vlakken stralen minder geluid af	30
Resonanties vergroten de afstraling van geluid	32
Flexibele bevestigingen isoleren trillingen	34
Isolatie van enkelvoudige wanden is afhankelijk van de massa	36
Dubbele lichte scheidingswanden hebben een hoge isolatie	38
Dikke poreuze lagen absorberen hoge en lage tonen goed	40
Absorptiedempers zijn in een breed frequentiegebied effectief	42
Ongestoorte stroming veroorzaakt minder uitlaatgeluid	44
Turbulentiegeluid kan worden beperkt door extra luchtstroom	46

Bij deze uitgave ...

Sinds 1 augustus 1987 zijn er in ons land nieuwe bepalingen van kracht geworden voor schadelijk geluid op de werkplek. Bij een gemiddeld geluidsniveau van meer dan 85 dB(A) moeten er 'voor zover dat in redelijkheid kan worden gevergd' organisatorische of technische maatregelen worden genomen om het geluid weer beneden die grens te krijgen. En natuurlijk is het niet verboden om ook bij lagere geluidsniveaus maatregelen te nemen die het geluid nog verder beperken. Basisgedachte daarbij is dat geluidsniveaus van meer dan 80 dB(A) in principe schadelijk zijn.

Het terugdringen van geluid tot proporties die 'veilig' zijn en niet of nauwelijks hinderlijk voor degenen die eraan blootstaan, vereist kennis van zaken. Men moet weten hoe geluid zich gedraagt, wat voor soorten geluid er zijn en met welke organisatorische of technische middelen men een teveel aan geluid kan beperken. 'Lawaaibestrijding in de praktijk' tracht deze kennis aan te reiken, waarbij de nadruk ligt op een praktische en systematische aanpak van het lawaai-probleem.

In 'Lawaaibestrijding in de praktijk' wordt ervan uitgegaan dat de lezer bekend is met enkele basisbegrippen uit de akoestiek. Dat hij of zij weet hoe geluid wordt gedefinieerd, weet dat een decibel een maat is voor het geluidsdrukkniveau, enz. Mocht dat bij u (nog) niet het geval zijn, dan zijn er vele folders en brochures die u kunt raadplegen. Bij Advisering Bedrijfsveiligheid (AB) vindt u deze informatie in de brochure 'Lawaaidoofheid ... een onoverkomelijk probleem?'

Tenslotte merken wij nog op dat de hulp die AB het bedrijfsleven bij lawaai bestrijding kan bieden niet ophoudt bij deze twee brochures. U kunt ook de hulp inroepen van AB's korps van meer dan 20 adviseurs en specialisten. Ook als het om lawaai bestrijding gaat is onze adviseur uw man. En omdat ze over het hele land zijn gestationeerd, is er altijd wel een bij u in de buurt. Voor alle informatie kunt u bellen met AB, telefoon 020-542 21 57.

'Lawaai bestrijding in de praktijk' kent een lange voorgeschiedenis. Basis was een publikatie van het Zweedse Arbetarskyddsfonden, De Deense firma Brüel & Kjær bewerkte en vertaalde deze in het Engels: 'Noise Control, principles and practice'.* In Nederland werd dit boek opnieuw bewerkt en vertaald door het NIPG-TNO: 'Lawaai bestrijding, achtergronden, aanpak en methoden, praktijkvoorbeelden'.**

In 'Lawaai bestrijding in de praktijk' wordt, na een aantal inleidende hoofdstukjes, vooral gekeken naar enkele veel voorkomende oorzaken van lawaai en de praktische maatregelen die daartegen helpen. Wij doen dat op nog geen 50 pagina's; de beide hierboven genoemde publicaties op meer dan 150 pagina's en deze zijn daarom zonder meer aan te bevelen voor degenen die zich verder in het onderwerp lawaai bestrijding willen verdiepen.

Graag spreken wij onze dank uit aan de firma Brüel & Kjær voor de toestemming gebruik te maken van tekst en illustraties uit 'Noise Control' voor deze uitgave. Onze dank geldt ook het NIPG-TNO voor zijn toestemming gebruik te maken van tekstgedeelten uit 'Lawaai bestrijding'.

* Brüel & Kjær b.v.
Plettenburg 7
postbus 1295, 3430 BE Nieuwegein
(03402) 399 94

** NIPG-TNO
Wassenaarseweg 56
postbus 124, 2300 AC Leiden
(071) 17 04 41

Mens en lawaai

De ontwikkelingen in de maatschappij hebben geleid tot steeds meer geluidsbronnen die steeds meer lawaai voortbrengen. Lawaai is naar verspreiding en frequentie een van de meest voorkomende problemen in een industriële werkomgeving.

Lawaai beïnvloedt de mens fysiek, psychisch en sociaal. Lawaai kan:

- het gehoor beschadigen
- de communicatie verstoren
- vermoeidheid veroorzaken
- de concentratie verstoren
- de efficiency verminderen.

Intens lawaai of langdurig verblijf in een lawaaiige omgeving kan een blijvende achteruitgang van het gehoor veroorzaken door beschadiging van de gevoelige organen in het binnenoor. Deze vorm van gehoorbeschadiging is onherstelbaar.

Het risico van gehoorbeschadiging neemt toe naarmate het geluidsniveau hoger is en men langer in een lawaaiige omgeving verblijft. Daarbij komt nog dat de gevoeligheid voor lawaai sterk afhankelijk is van de persoon.

Sommige mensen krijgen al een gehoorbeschadiging na slechts korte tijd in een lawaaiige omgeving te hebben doorgebracht, andere mensen kunnen zeer langdurig, soms hun hele werkzame leven lang, erin verblijven, zonder daaraan enige aantoonbare gehoorbeschadiging over te houden.

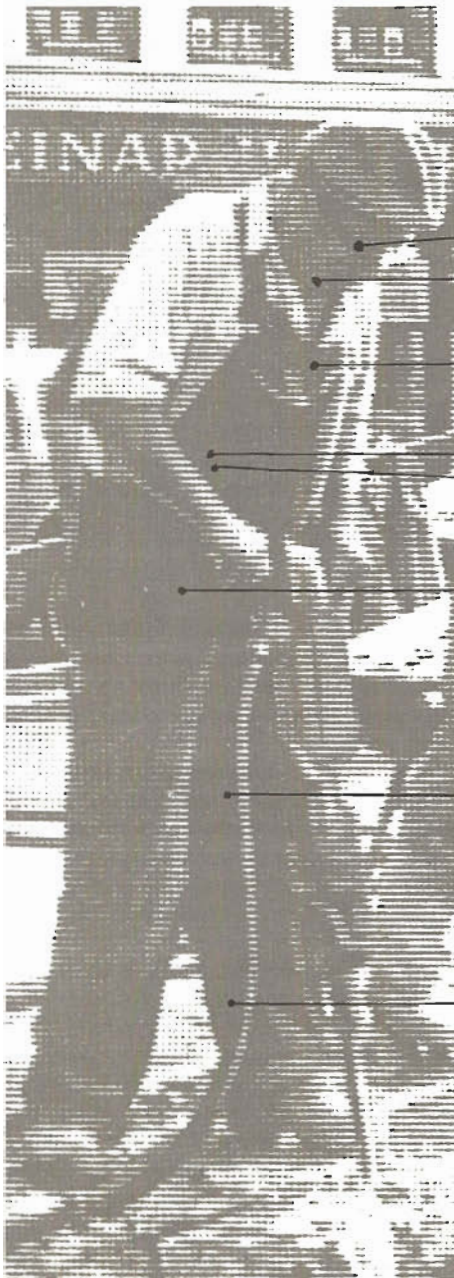
Als men korte tijd is blootgesteld geweest aan indringend lawaai en

en daarna in een rustiger omgeving komt, dan kan men zachte geluiden niet meer horen. Deze vorm van gehoorverlies is tijdelijk. Als het lawaai niet te intens is geweest en de tijdsduur niet te lang, komt het normale gehoor na een rustperiode weer terug.

Intens lawaai beïnvloedt niet alleen het gehoor. Lawaai kan ook invloed hebben op de bloedcirculatie en stress of andere psychische verschijnselen veroorzaken.

Lawaai is ook een ongevalsrisico, omdat waarschuwingssignalen en schreeuwen er als het ware in verdrinken.

Lawaai heeft behalve invloed op het gehoor ook andere gevolgen voor het menselijk lichaam.



Waterige pupillen

Toename hormoonproductie van schildklier

Versnelde hartslag

Toename productie van adrenaline en corticotrofine
(bijnier stimulerend hormoon)

Beweging van maag en buik

Spierreactie

Samentrekking van bloedvaten

Een programma voor de lawaai- bestrijding

Bij iedere maatregel in het kader van de lawaai-bestrijding moet het doel worden gesteld in de vorm van een bepaald geluidsniveau. Voor iedere machine of ruimte moet een maximaal geluidsniveau worden vastgesteld. De voorbeelden in onderstaande tabel kunnen daarbij als

richtlijn dienen. Het is niet de bedoeling dat zij direct of onder alle omstandigheden worden bereikt; de richtwaarden moeten meer worden beschouwd als haalbaar na een bepaalde periode. Dan kan men ze nog eens beoordelen en zo nodig verder verlagen.

Richtwaarden voor geluidsniveau in een fabriek

<i>Soort ruimte</i>	<i>Maximaal geluidsniveau in dB(A)</i>
Vergaderruimte	35
Kantoor	40
Kantoor bij werkruimte, ruistruimte	45
Laboratorium, meet- of controle-ruimte	50
Kantine	50
Kleedlokaal	50
Herstelwerkplaats	60
Produktieruimtes	75
Ruimtes voor ventilatoren, compressoren e.d. die normaal niet zijn bemand	90

Voor werkruimtes met speciale of zeer ernstige lawaai-problemen kan een gefaseerde aanpak de voorkeur

verdienen, waarbij na iedere succesvolle fase de lawaai-grens verder wordt verlaagd.

Door de bestaande geluidssituatie systematisch in kaart te brengen kan een goed beeld worden verkregen van de intensiteit en de verdeling van het lawaai in de werkruimte. Om een effectief plan voor de bestrijding van moeilijke lawaaiproblemen op te kunnen stellen en uit te kunnen voeren, is het nodig een zo uitgebreid mogelijke serie geluidmetingen te verrichten. Lawaai komt meestal van een groot aantal verschillende bronnen (bijvoorbeeld produktie-apparatuur, intern transport). Daarbij komen dan nog de achtergrondgeluiden (ventilatie, compressoren, circulatiepompen enz.) van installaties die zich niet in de beschouwde ruimte bevinden. Bij de beoordeling van het risico van gehoorbeschadiging op een bepaalde werkplek moeten alle geluidsbronnen die onder normale omstandigheden daar te horen zijn, ook in werking zijn tijdens de geluidmetingen.

Behalve deze totaalmetingen moeten, om zo goed mogelijke beslissingen te kunnen nemen over de afzonderlijke lawaaibestrijdingsmaatregelen, elke machine en lawaai-makende bewerking apart worden gemeten. Op dezelfde wijze moet ook na worden gegaan welke machinedelen of handelingen het meeste lawaai produceren. Met al deze gegevens beschikt men over een goede basis om te bepalen of lawaai-bestrijding nodig en ook mogelijk is.

Achtergrondgeluiden dragen vaak in aanzienlijke mate bij tot het lawaai. Iedere keer als er een geluids-

bron bij komt in de werkruimte, wordt het geluidsniveau verhoogd, ook al maakt de machine betrekkelijk weinig lawaai. Als men een "lawaaikaart" gaat maken, is het van belang dat de medewerkers die de metingen uitvoeren of er verantwoordelijk voor zijn, de problemen bespreken met de veiligheidsbeambten of de werkers in de betreffende ruimte.

Deze mensen bezitten vaak een gedegen kennis van de produktie-apparatuur en zij kunnen daarom goede en praktische ideeën tot verbetering aandragen. Een lijst met de mogelijk te treffen voorzieningen op de verschillende machines en installaties kan de keuze van de meest economische maatregelen vergemakkelijken. Bij iedere maatregel wordt vermeld hoeveel deze kost en hoe groot de lawaai-vermindering zal zijn. Elk project wordt verduidelijkt met eenvoudige tekeningen, met inbegrip van:

1. veranderingen aan machines, waardoor de geluidproduktie zou verminderen
2. veranderingen aan apparatuur om contactgeluiden van machinedelen en tijdens het transport van materialen te vermijden
3. inkapseling van lawaaiige machines en machinedelen
4. montage van dempers in gas- en luchtuitlaten, zowel als in ventilatiekanalen
5. het aanbrengen van geluidabsorberende schermen, bekledingen en smoorplaten in werkruimtes.

Van de verschillende maatregelen tot lawaaibestrijding mogen de volgende resultaten worden verwacht:

1. Het aanbrengen van een geluid-absorberend dak of plafond in een ruimte zal over het algemeen een geluidsvermindering van 3 tot 5 dB(A) geven. In uitzonderlijke gevallen kan een vermindering met 10 dB(A) worden bereikt.

2. Trillingdemping bij kleine produktiemachines door het aanbrengen van dempend materiaal kan een vermindering met 3 tot 10 dB(A) opleveren.

3. In de handel verkrijgbare schermen kunnen het lawaai met 5 tot 15 dB(A) verminderen.

4. Gaten waar pijpen door een muur gevoerd worden en akoestische lekken in muren, schotten en ombouw-sels kunnen de geluidbeperking nadelig beïnvloeden. Het is daarom van belang luchtspleten en dergelijke zorgvuldig af te dichten.

Laat u goed door de leverancier voorlichten over materialen en kosten, alvorens te beslissen over te ondernemen activiteiten. Die beslissing kan door verschillende factoren worden beïnvloed:

1. de intensiteit van het lawaai in de werkplaats (de bestrijding van lawaai dat gehoorbeschadiging kan veroorzaken heeft de hoogste prioriteit)

2. praktische problemen bij de uitvoering van het werk.

3. het aantal personen dat baat ondervindt bij de verbetering.

4. de kosten van de te treffen maatregelen.

Het is vaak heel moeilijk al deze factoren goed af te wegen, maar een planning op lange termijn moet garanderen dat op alle werkplekken uiteindelijk een goed werkklimaat zal heersen.

Bij het maken van plannen voor een groot aantal projecten is het noodzakelijk, dat van ieder project de tijdsduur en de uiteindelijke situatie na afloop van de werkzaamheden worden aangegeven.

Ook is er een plan nodig dat aangeeft wanneer machines uit produktie kunnen worden genomen om te worden aangepast, wanneer geluid-absorberende materialen kunnen worden aangebracht, wanneer personeel beschikbaar is om de werkzaamheden uit te voeren, enz.

Methoden van lawaaibestrijding

De drie belangrijkste manieren om lawaai in een fabriek te bestrijden zijn:

1. het lawaai bij de bron beperken
2. overgaan op stillere werkmethoden
3. voortplanting van het geluid voorkomen of beperken.

Lawaaibeperking bij de bron

Het is vaak mogelijk de geluidsuitstraling van productie-apparatuur, intern transport en andere werkzaamheden te beperken door bijvoorbeeld het geluid van weerkaatsende wanden en panelen te dempen, krachtbronnen en schakelingen geruislozer te maken en het lawaai te verminderen van uitlaten van perslucht.

Soms bieden veranderingen of inkapselingen van machines onvolgende resultaten. Als het de werkzaamheden zelf zijn die het lawaai veroorzaken, dan kan het soms moeilijk zijn om het effect van de bestrijdingsmaatregelen te voorspellen. In dergelijke gevallen kan men zijn inspanningen beter richten op veranderingen in de werkmethoden of de productieprocessen.

Stillere werkmethoden

In vele gevallen is verandering van werkmethode de enige weg om wat te krijgen op de geluidsproductie. Dat betekent veelal, dat de productie-apparatuur of een deel daarvan moet worden vervangen, vooropgesteld dat minder lawaaiige apparatuur beschikbaar is voor de productie of het transport.

Dit vereist een goede samenwerking tussen leverancier, afnemer, ontwerper en veiligheidsdienst.

Voortplanting voorkomen

Het geluid in een werkplaats wordt vaak gedomineerd door een klein aantal krachtige lawaaibronnen. Medewerkers die met rustiger machines werken of werk doen waarbij geen lawaai ontstaat worden vaak zonder noodzaak blootgesteld aan andere lawaaibronnen in dezelfde ruimte. Door deze bronnen af te schermen of in te kapselen kan het lawaai zowel in de directe omgeving als in de gehele ruimte worden beperkt, zodat alle aanwezigen daarvan profiteren.

Door geluidabsorberende plafonds en muurbedekkingen aan te brengen kan het geluidsniveau in ruimtes ver van de lawaaibronnen worden vermindert.

Deze maatregelen hebben echter nauwelijks betekenis voor de medewerkers die met de betreffende machines werken.

Verandering of vervanging van productie-apparatuur kan tot gevolg hebben, dat de medewerkers die de machines bedienen niet meer in de directe nabijheid ervan behoeven te zijn, maar hun werkzaamheden voortaan kunnen verrichten vanuit een geïsoleerde bedieningskamer. Dit is helaas geen oplossing voor lawaaibestrijding in ruimtes waar onderhouds- en reparatiepersoneel het grootste deel van hun tijd doorbrengen.

Om te voorkomen dat trillingen afkomstig van lawaaibronnen zich via de constructie van het gebouw voortplanten, is het vaak nodig machines voor trillingen te isoleren of isolerende verbindingen in het gebouw aan te brengen.

Algemene bestrijdingsmaatregelen

Bij de lawaaibestrijding moet men altijd goed voor ogen houden, dat geluid zich zowel via de lucht voortplant als door contact in de vorm van trillingen. De meeste geluidsbronnen produceren lucht- en contactgeluiden tegelijkertijd. Om een bevredigend resultaat te bereiken moeten dan een aantal bestrijdingsmethoden worden toegepast.

Veranderingen aan machines en apparatuur

Bij een effectieve lawaaibestrijding moet met vele belangrijke factoren rekening worden gehouden. Welke machine of machines moeten worden aangepakt? Hoe wordt de machine bediend? Wordt door de maatregelen onderhoud en reparatie bemoeilijkt? Enz.

Machines

Het kan moeilijk zijn om machines en processen te veranderen zonder de produktie te beïnvloeden. Probeer desondanks het contact tussen ratelende machine-onderdelen te beperken of te vermijden. Rem heen- en weergaande bewegingen voorzichtig af. Vervang metalen onderdelen door geluidarmere onderdelen van kunststof. Kapsel de afzonderlijke, bijzonder lawaaiige machine-onderdelen of processen in.

Nieuwe machines en processen kunnen vaak door de leverancier worden verbeterd onder gebruikmaking van de oude technieken maar met uitgebreidere mogelijkheden van aanpassingen. Probeer

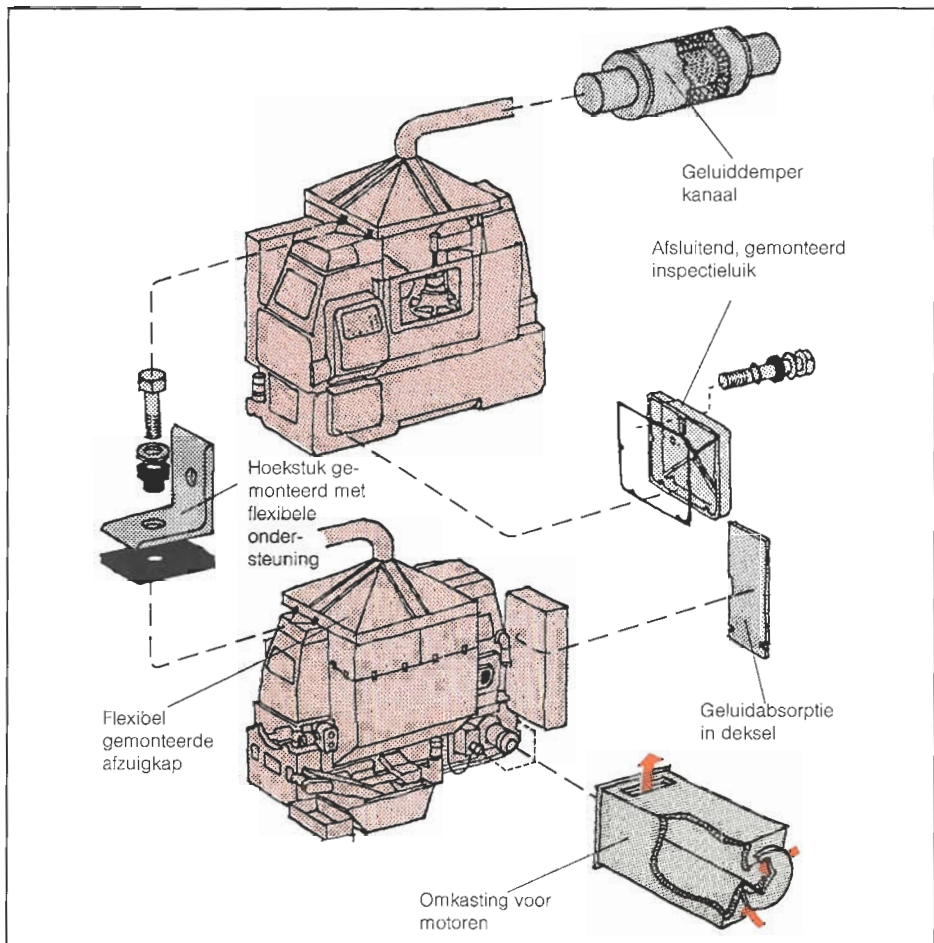
bijvoorbeeld de ontwerper te overtuigen dat het nuttig is:

1. krachtbronnen en transmissies te kiezen waarmee een rustige snelheidsregeling mogelijk is, bijvoorbeeld met traploos verstelbare elektrische motoren
2. trillingsbronnen in de machine te isoleren
3. deksels en inspectieluiken van stijf materiaal te maken en zo aan te brengen dat zij geen lawaai veroorzaken
4. machines te voorzien van geschikte koelvinnen, die de noodzaak van luchtstromen en daarmee van ventilatoren verminderen.

Apparatuur

Bestaande apparatuur kan vaak evengoed zonder ingewikkelde voorzieningen worden aangepast als nieuwe. Typische, geluidbeperkende maatregelen zijn hier:

1. luchtuitlaten van pneumatische systemen voorzien van geluiddempers
2. het type pomp in hydraulische systemen veranderen
3. een geluidarmer type ventilator nemen of geluiddempers aanbrengen in de leidingen van ventilatiesystemen
4. lawaaiige mondstukken en persluchtleidingen vervangen door geluidarmere.



Een aantal genoemde maatregelen op een machine (pers)

In een nieuwe bedrijfsruimte kan men nog verder gaan door:

1. stille motoren en transmissies te installeren
2. hydraulische systemen te kiezen met speciaal verstijfde olietanks
3. geluidempers in hydraulische leidingen aan te brengen

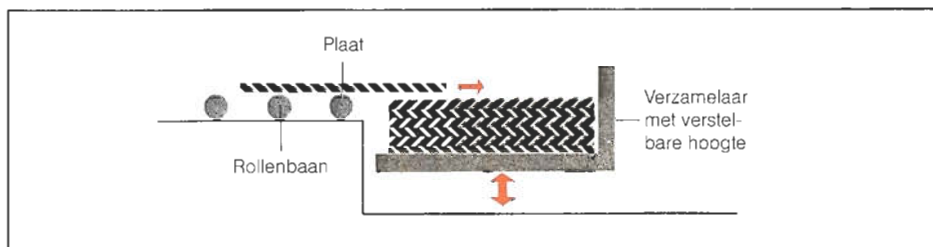
4. de afmetingen van deze leidingen af te stemmen op een betrekkelijk lage stroomsnelheid (maximaal ongeveer 5 m/s)

5. geluidempers in ventilatieleidingen aan te brengen om overdracht van geluid van lawaaiige naar stille ruimtes te voorkomen.

Intern transport

De bestaande bedrijfsruimtes kunnen zo worden aangepast, dat contact- en schokgeluiden ten gevolge van handmatige of mechanische afhandeling en transport van materialen en produkten worden vermeden. Dit kan door:

1. de valhoogte te verminderen van produkten die in dozen, bakken en dergelijke worden verzameld
2. panelen en wanden waarmee materialen en produkten in contact komen de nodige stijfheid te geven en ze zo nodig te voorzien van geluiddempend materiaal



Plaatmateriaal dat van een rollenbaan in een container valt, veroorzaakt impulsloawaai. Door gebruik te maken van een in hoogte verstelbare tafel kan de valhoogte zo klein mogelijk worden gemaakt.

Inkapseling van machines

Als het niet mogelijk is het lawaai bij de bron aan te pakken, dan kan het nodig zijn de gehele machine in te kapselen. Om de inkapseling te laten slagen is het nodig dat:

1. afdichtend materiaal wordt gebruikt aan de buitenkant van panelen van metaal of gipsplaat.
2. de binnenkant daarvan wordt bekleed met geluidabsorberend materiaal zoals slakkenwol, glaswol,

3. harde schokken op te vangen met slijtvaste rubber of kunststof lagen.

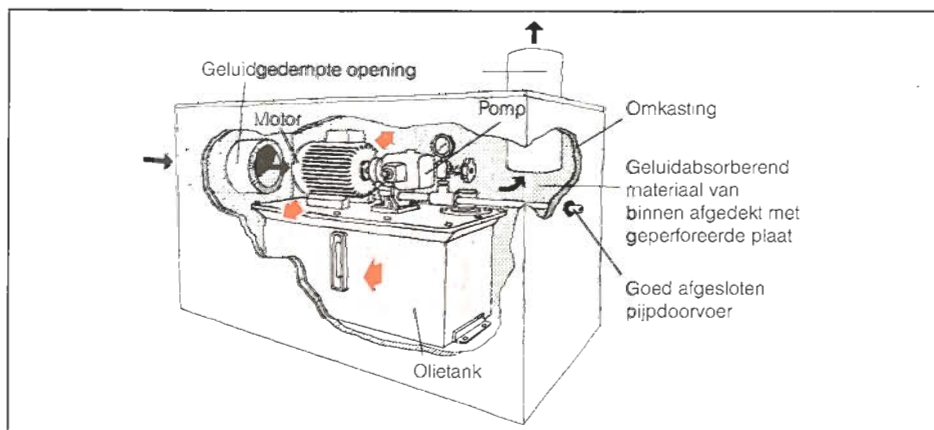
Let bij de aanschaf van nieuwe transportmiddelen vooral op systemen die materialen en produkten rustig en gelijkmatig verplaatsen.

1. Geef de voorkeur aan een transportband boven transportrollen. Bij vervoer over rollen treedt eerder ratelen op.
2. Stem de snelheid van het transportsysteem af op de hoeveelheid te transporteren materiaal. Dit voorkomt het stoppen en opnieuw starten, dat geluiden door trillingen en direct contact veroorzaakt.

schuimrubber of polyurethaan. Een betrekkelijk eenvoudige ombouw van dit type kan het lawaai met 15 tot 20 dB (A) verminderen.

3. geluiddempers worden aangebracht in alle openingen voor koellucht.

4. de ombouw wordt voorzien van gemakkelijk te openen inspectieluiken op plaatsen waar de machine toegankelijk moet zijn voor bediening of onderhoud.



In de omkasting van een hydraulisch systeem moeten geluiddempende ventilatie-openingen zijn aangebracht. Zowel geluid als warmte worden door de motor, de pomp en de olietank opgewekt. Ook moet een goed sluitend inspectieluik zijn aangebracht.

Demping van contactgeluiden

Geratel is een typische vorm van trilling die in een machine wordt veroorzaakt door slijtage of door losse schroeven en bouten. Dit euvel is gemakkelijk te verhelpen door reparatie of vernieuwing. Moeilijker is het trillingen te dempen van lopende machines die in een goede staat zijn. Toch is het ook dan vaak mogelijk het lawaai te beperken door te voorkomen, dat trillingen van machines en apparatuur worden overgedragen op de constructie van het gebouw door de volgende regels toe te passen:

1. Isoleer de machines met een stijf of afzonderlijk frame voor trillingen. Plaats de machine op een stabiel fundament met een elastische scheidingslaag, bijvoorbeeld rubber blokken of stalen veren.
2. Plaats grote en zware machines,

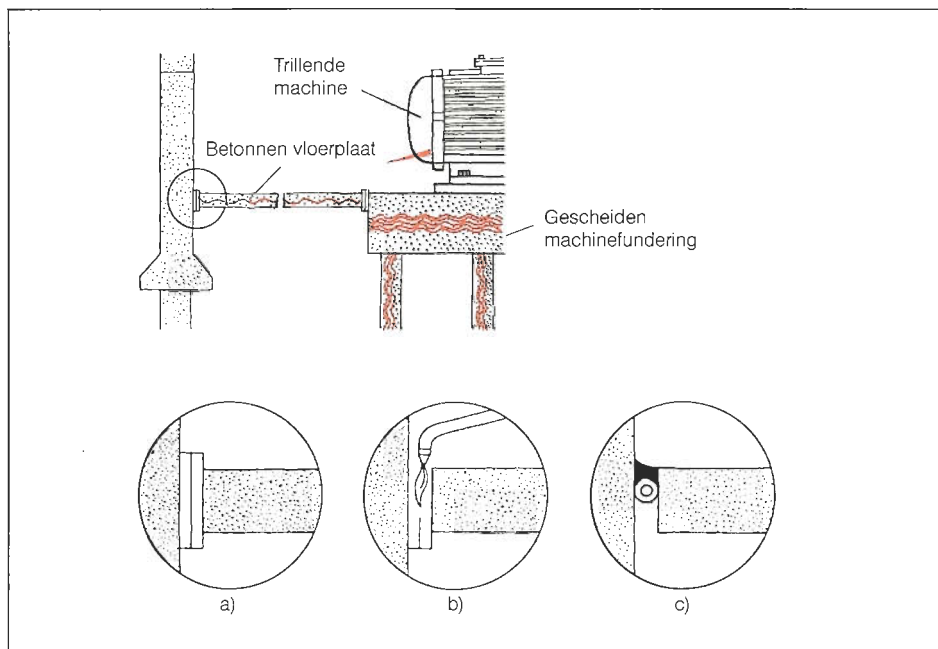
die niet op de voorgaande wijze afdoende kunnen worden geïsoleerd, op speciale machinefunderingen, die verder geheel gescheiden zijn van de gebouwconstructie.

3. Isoleer machine-panelen voor trillingen waar dat mogelijk is. Panelen moeten elastisch worden gemonteerd op het machine-frame, zodat de overdracht van trillingen wordt beperkt. Een andere oplossing is de panelen te voorzien van een speciaal trillingdempend materiaal.

Bestrijding met absorberend materiaal

In werkplaatsen of fabrieksruimtes wordt vrijwel alle geluid weerkaatst door de uit harde materialen opgetrokken wanden, vloeren en plafonds.

In een ruimte neemt het lawaai van een machine eerst snel af om, als



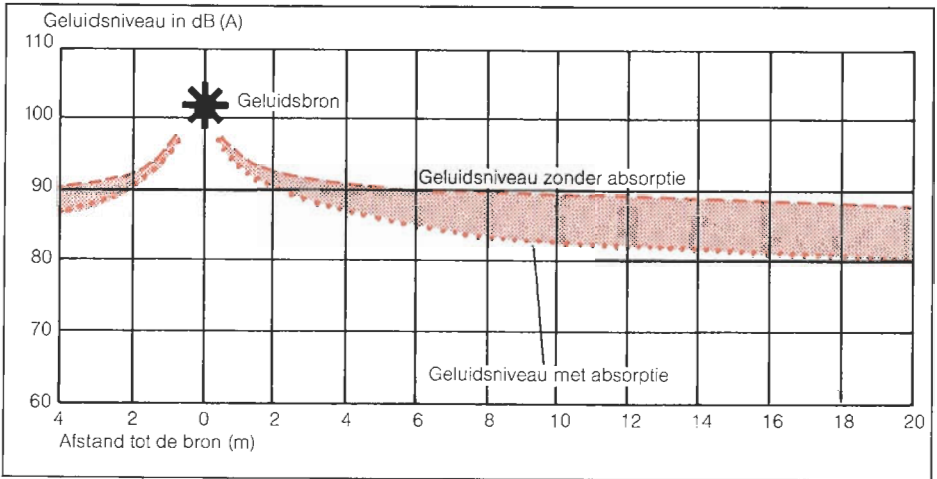
Hevig trillende machines hebben een gescheiden fundering en isolerende voegen tussen de vloeraansluitingen nodig om de voortplanting van trillingen te voorkomen. In dit geval worden twee voegen gebruikt voor een effectieve scheiding.

men zich ver van de machine verwijderd, daarna vrijwel constant te blijven. Dit komt, doordat dichtbij de machine het geluid afneemt als stond de machine in een vrije ruimte. Op een bepaald punt wordt echter het niveau van de nagalm, dat wil zeggen het geluid van alle andere bronnen met inbegrip van het door de wanden weerkaatste geluid, hoger dan dat van de betreffende machine en gaat overheersen. In dergelijke gevallen kan het geluidklimaat worden verbeterd door:

1. het plafond te bekleden met een goed geluidabsorberend materiaal, bijvoorbeeld met panelen van slak-

kenwol of glasvezel die de reflectie van het geluid beperken. Het weerkaatste geluid of de nagalm kan zo met 6 tot 8 dB(A) worden verminderd op grote afstand van de geluidbron.

2. sterk absorberende plafonds en wanden aan te brengen, bijvoorbeeld 100 mm dik absorberend materiaal met daar overheen geperforeerde panelen kan de nagalm met ongeveer 10 dB(A) verminderen in een ruimte, waar in het ene deel lawaaiige productie-apparatuur staat opgesteld en in het andere deel betrekkelijk rustig werk wordt gedaan. Een vermindering van 10 dB(A)



Het geluidsniveau op verschillende afstanden van de bron in een ruimte zonder absorptie en in dezelfde ruimte nadat over een groot oppervlak aan het plafond absorptiemateriaal is bevestigd.

wordt waargenomen als een halvering van het geluid.

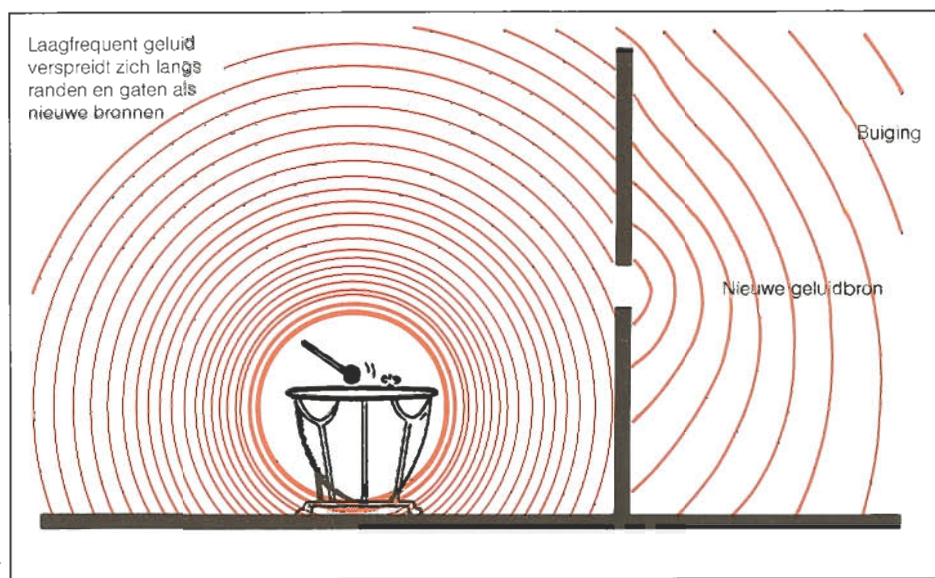
en in gelijke mate van alle kanten te komen.

3. wanden en plafonds in de nabijheid van de bedieningsplaats van een lawaaiige machine plaatselijk van absorberend materiaal te voorzien, zodat daar de weerkaatsing wordt verminderd en het geluidsniveau met een paar decibel wordt verlaagd. Deze vaak nauwelijks hoorbare veranderingen in de geluidsdruk worden toch als verbeteringen ervaren door de mensen die met de machine werken.

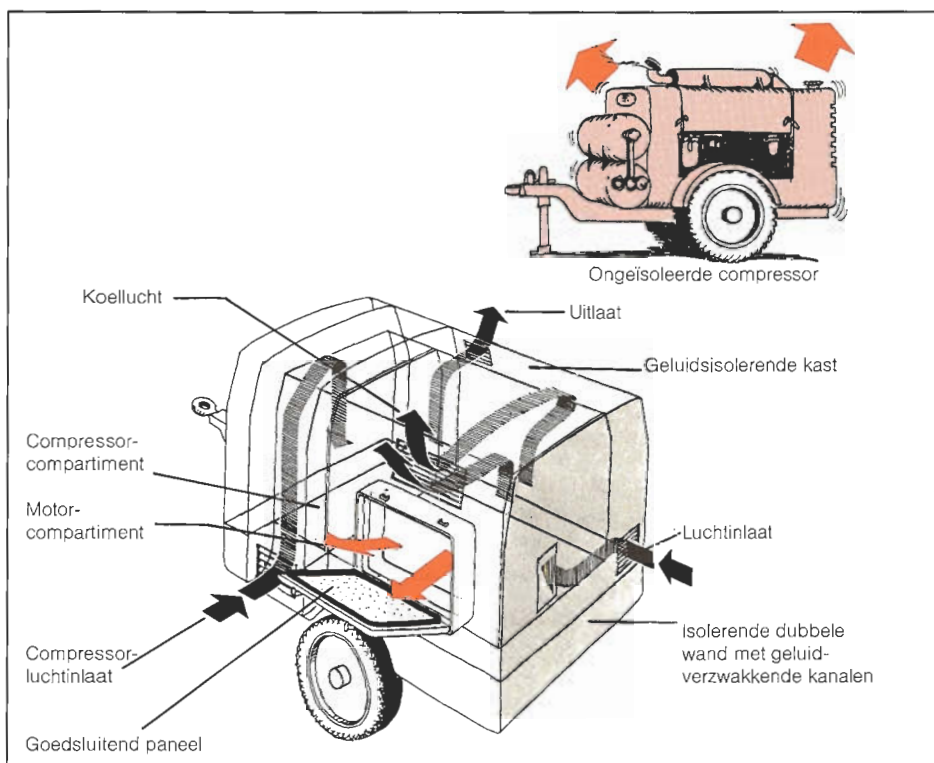
De invloed van lawaaibronnen kan tot hun directe omgeving worden beperkt door het niveau van de geluidsdruk op enige afstand van die bronnen te verminderen. Als de wandoppervlakken van een ruimte sterk reflecterend zijn, lijkt het geluid overal even sterk te zijn

Laagfrequent geluid buigt om obstakels en gaat door openingen

Principe



Laagfrequent geluid buigt om langs randen en gaten zonder intensiteitsverlies en straalt weer af langs randen en vanuit een gat alsof het een nieuwe bron is, opnieuw gelijkmatig in alle richtingen. Hierdoor zijn schermen of barrières voor laagfrequent geluid niet erg effectief, tenzij ze erg groot zijn. Tegen het scherm treedt ook reflectie - terugkaatsing - op.



Voorbeeld

Dieselcompressoren produceren veel geluid in vooral het laagfrequente gebied, zelfs wanneer ze van goede in- en uitlaatdempers zijn voorzien. Openstaande luiken of roosters voor toevoer van koellucht dragen niet bepaald bij tot een niveauverlaging.

Oplossing

Om een grote compressor effectief te kunnen isoleren, is een goed gesloten omkasting zonder lucht- of geluidlekken noodzakelijk. Deze omkasting kan worden uitgevoerd als een dubbele wand met kanalen

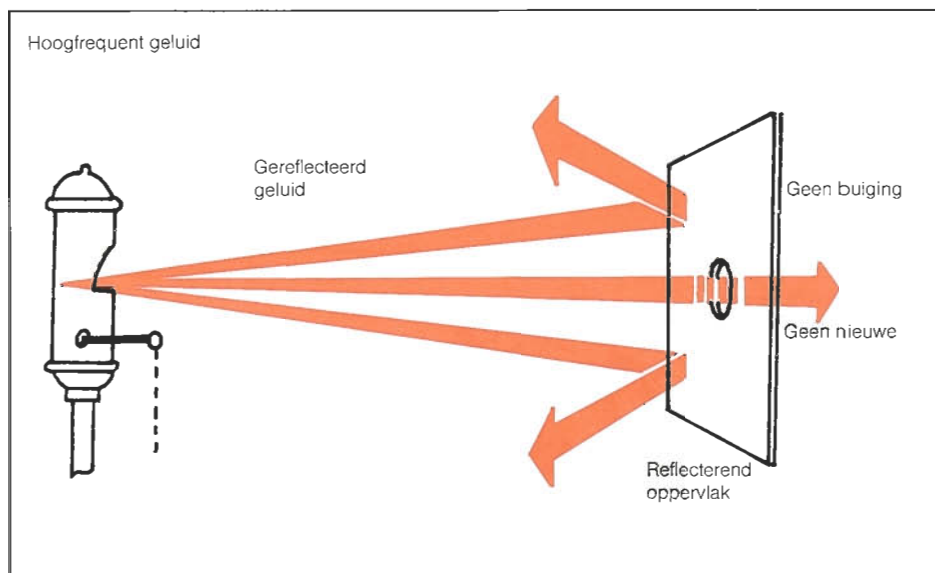
die met absorberend materiaal zijn bekleed.

Lucht voor de compressor, motor en koeling wordt via deze kanalen aangevoerd en afgevoerd. Aanzuig- en uitblaasroosters worden geluiddempend uitgevoerd.

De uitlaatdemper valt binnen de buitenste wand. Alle controleluiken en toegangsdeuren moeten goed sluiten en dicht zijn.

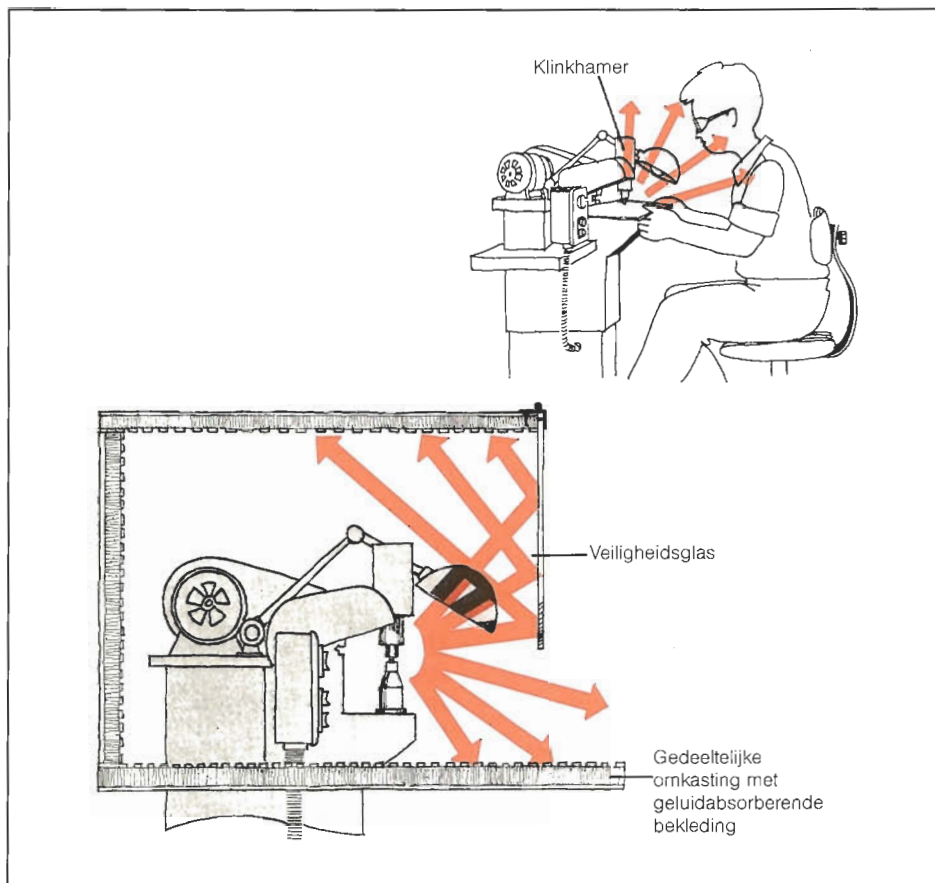
Hoogfrequent geluid kan sterk gericht zijn en buigt niet om obstakels en bij openingen

Principe



Hoogfrequent geluid wordt vaak geproduceerd door bronnen die sterk gericht kunnen zijn.

Het gaat als een rechte straal door een opening zonder om te buigen langs de randen. Hierdoor zijn afschermingen erg effectief. Tegen een scherm treedt ook reflectie - terugkaatsing - op.



Voorbeeld

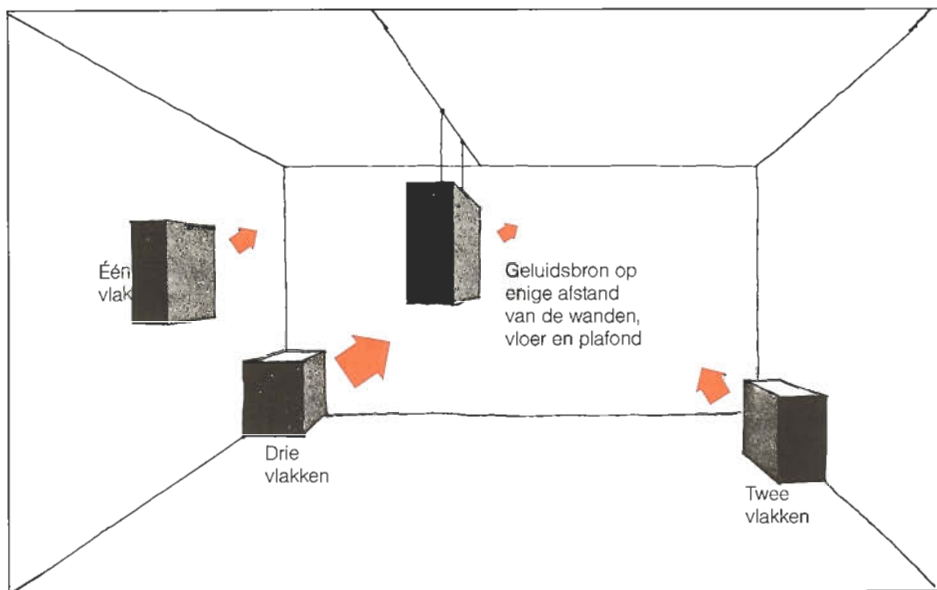
Lawaai van bewerkingen zoals klinken, poppen en ponsen kan door het hoge niveau schadelijk zijn voor de werknemer.

Oplossing

Een plaatselijke afscherming of omkapping van de geluidsbron met een opening voor bediening, beschermt tegen het directe geluid van de machine. Reflecties tegen glas en direct geluid in andere richtingen worden geabsorbeerd door absorberende bekleding. Door de kleine opening komt wel geluid, maar het bereikt de werknemer niet rechtstreeks.

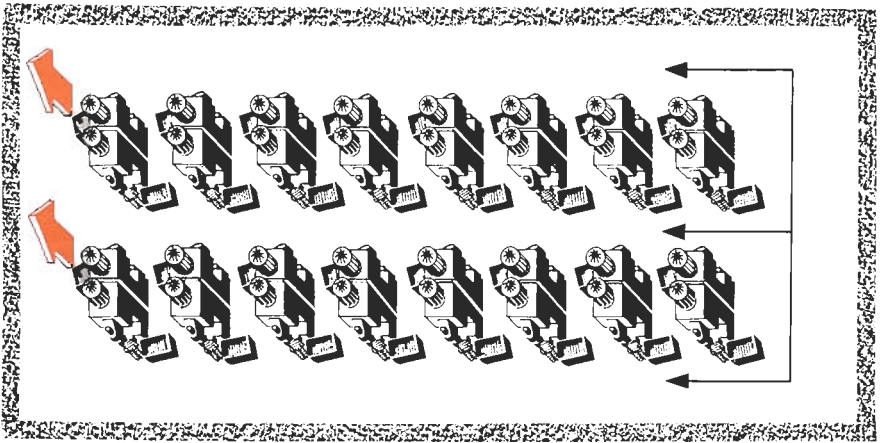
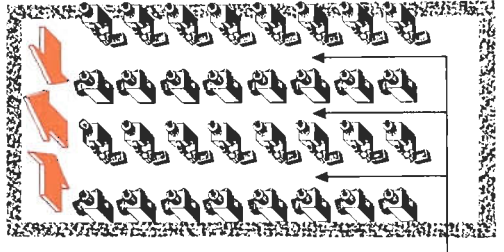
Geluidsbronnen mogen niet te dicht bij wanden, vloer of plafond worden geplaatst

Principe



Hoe dichtere een geluidsbron bij een reflecterend oppervlak staat, des te meer geluid er direct in de ruimte wordt teruggekaatst. De ongunstigste plaats is tegen drie vlakken, dus in een hoek, de beste situering is vrijhangend.

Als de totale geluidsproductie (bronsterkte) gelijk is, speelt de positie slechts een rol in het directe geluidsveld, dus op relatief geringe afstand. Voor het indirecte geluidsveld maakt de positie niet veel uit.



Voorbeeld

In een machinehal staan vier rijen machines, waarvan twee langs de muur. Hierdoor wordt het geluidsniveau op de bedieningsplaats bij de machines die langs de wanden staan hoger.

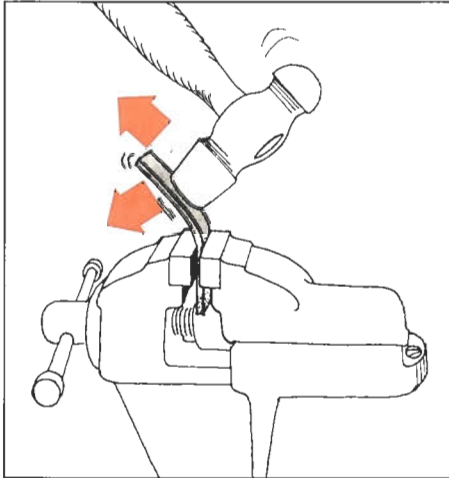
Oplossing

De machines langs de wanden worden verplaatst en wel zo dat het gereflecteerde geluid van de muur geen invloed meer heeft op het geluidsniveau op de bedieningsplaats van de machine. De ruimte tussen muur en machines kan als looppad worden gebruikt.

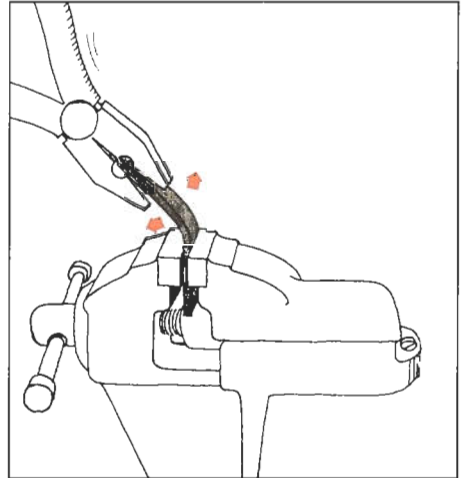
Veranderingen in kracht, druk of snelheid kunnen leiden tot lawaai

Principe

Een strip kan met een klap worden omgezet met een hamer



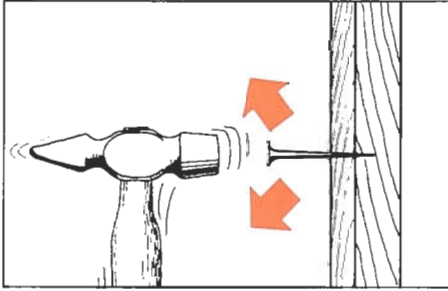
of stil met een tang



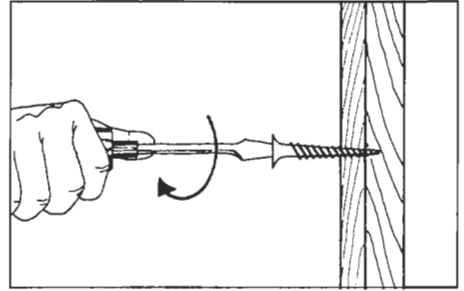
Geluid ontstaat onder meer als er sprake is van een plotselinge verandering in kracht, druk of snelheid. Grote veranderingen geven meer geluid dan kleine. In veel gevallen kan hetzelfde resultaat worden bereikt met een kleine kracht die over een lange tijd wordt uitgeoefend, als met een grote kracht gedurende korte tijd. In het laatste geval wordt meer geluid geproduceerd dan in het eerste geval waar minder kracht nodig is.

Twee houten panelen kunnen aan elkaar bevestigd worden door middel van:

spijkers – *lawaaig*

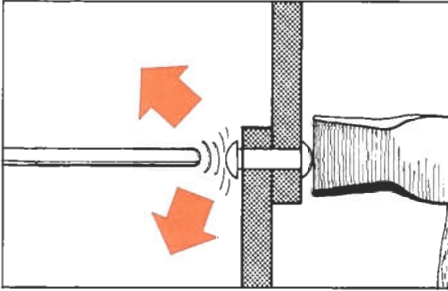


of schroeven – *stil*

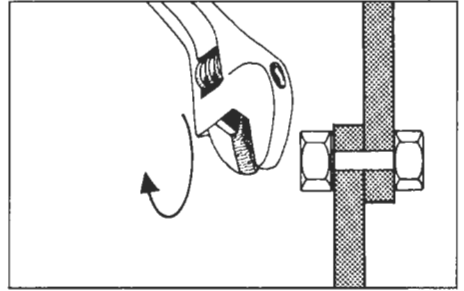


Staalplaat kan aan elkaar bevestigd worden door middel van:

klinken – *zeer lawaaig*



bout en moer – *stil*



Voorbeeld

Panelen en platen kunnen op verschillende manieren aan elkaar worden bevestigd. De ene manier is lawaaiiger dan de andere. Methoden waarbij draadnagels of klinknagels worden gebruikt zijn uit oogpunt van gehoorbeschadiging af te raden, omdat ze vrij hoge piekniveaus geven.

Oplossing

In veel gevallen kunnen stillere methoden, zoals met schroeven of bouten, worden toegepast zonder de produktiviteit te verlagen of de kosten te verhogen en ze kunnen het voordeel hebben dat demontage gemakkelijker is.

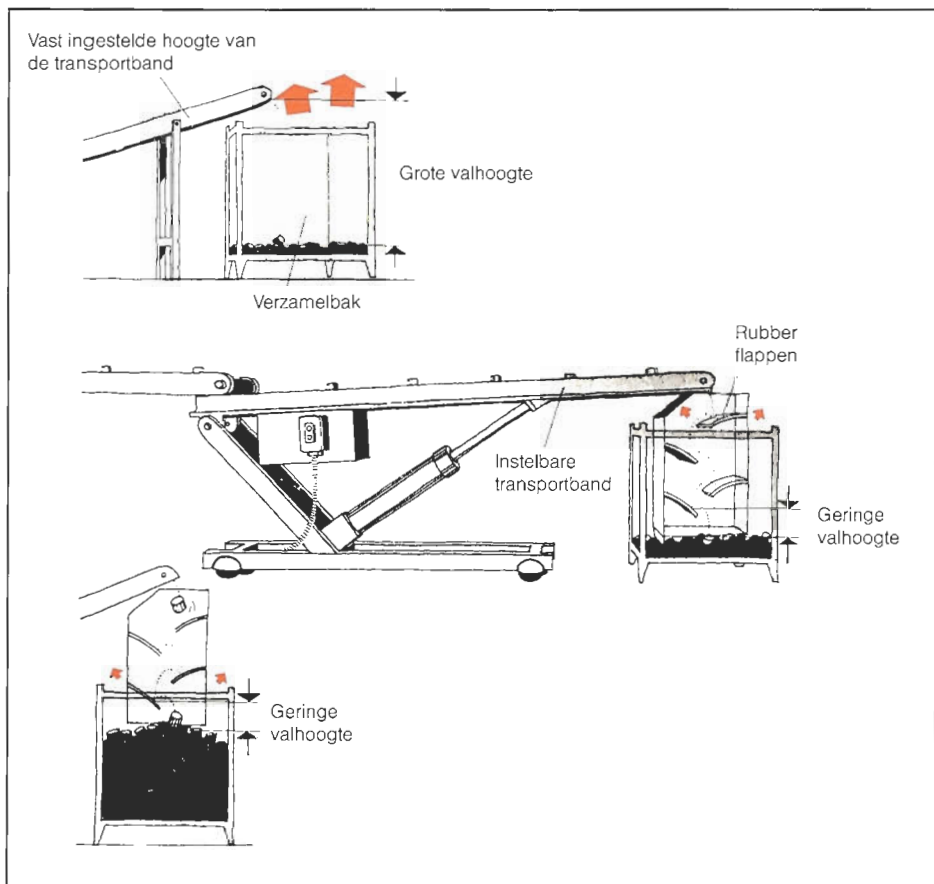
Lichte voorwerpen met geringe snelheid veroorzaken het minste geluid

Principe



Het geluid dat ontstaat als een vallend voorwerp op de grond komt hangt af van de grootte van de kinetische energie. Hoe groter de massa en de valhoogte, des te hoger de snelheid bij neerkomen en de kinetische energie en daarmee de geluidproductie.

Een verlaging van de valhoogte of de massa met een factor tien veroorzaakt een geluidsniveau dat ca. 10 dB lager is.



Voorbeeld

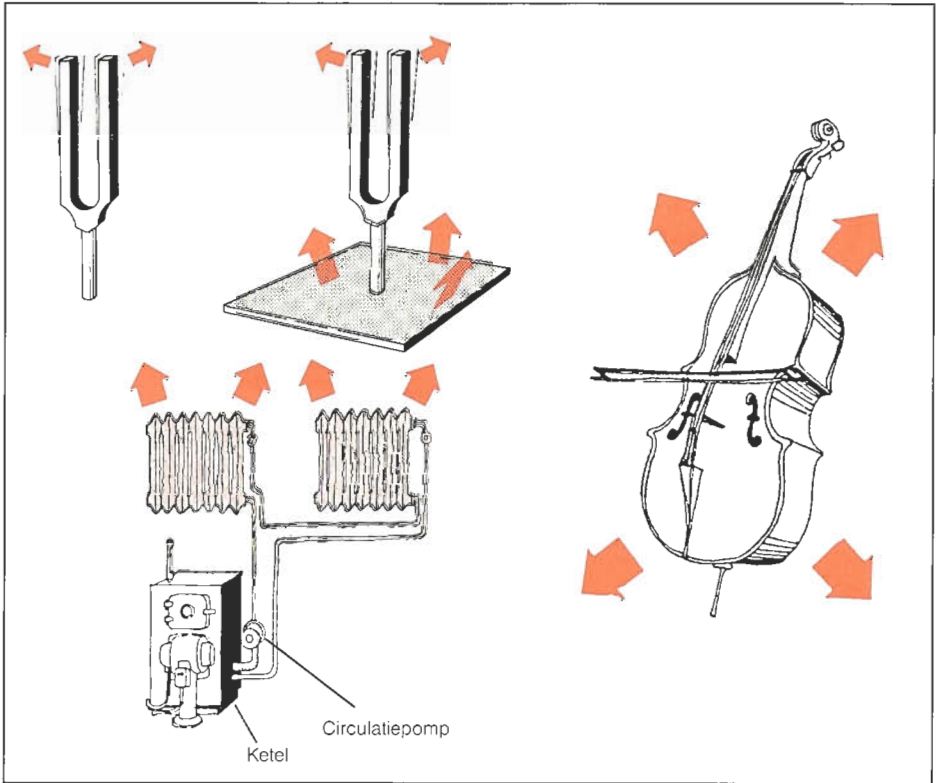
Produkten worden van een machine door een lopende band met vast ingestelde hoogte naar een verzamelbak getransporteerd, waar ze in worden gestort. Als de bak leeg is, is de valhoogte en daarmee ook de geluidsproductie hoog. Bovendien is de kans op beschadiging niet denkbeeldig.

Oplossing

De transportband wordt zo gemaakt dat de hoogte kan worden ingesteld en wordt voorzien van een koker met rubber flappen die de val breken. De valhoogte is niet groter dan de afstand tussen de onderste flap en de bovenkant van het gestorte materiaal.

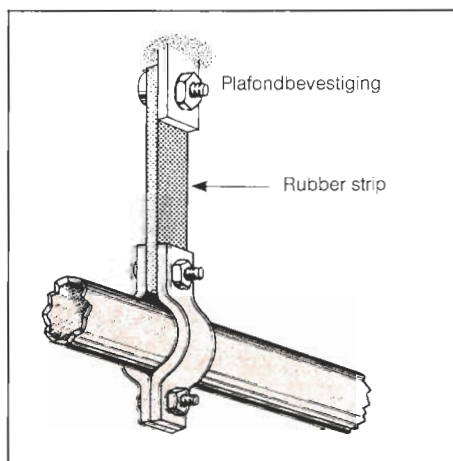
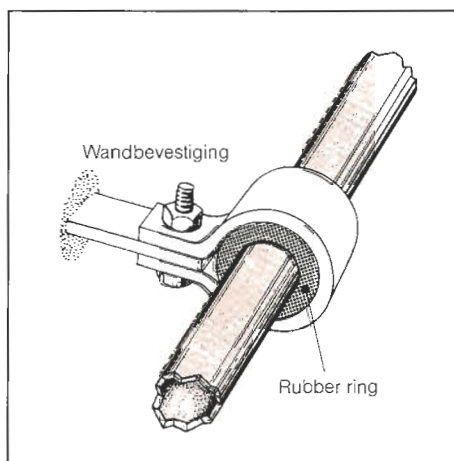
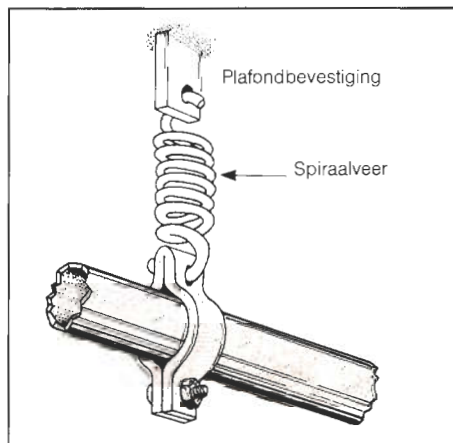
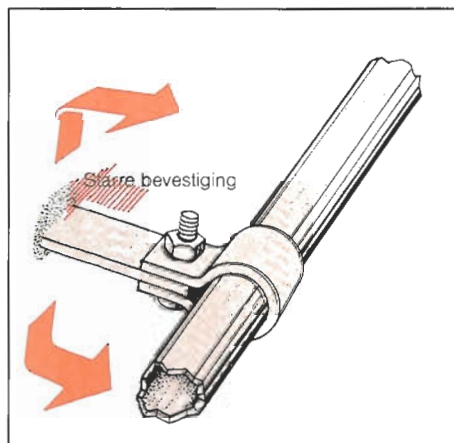
Trillingen in voorwerpen hebben een grote oppervlakte nodig om lucht-geluid op te wekken

Principe



De trilling van een klein voorwerp zal over het algemeen geen hoog geluidsniveau veroorzaken, omdat de oppervlakte die de lucht in trilling brengt klein is. De trilling kan moeilijk aan de lucht worden overgedragen. Maar door een trillend voorwerp in contact te brengen met een grote plaat kan de trilling gemakkelijker aan de lucht worden overgedragen en wordt het geluidsniveau hoger. Een stemvork produceert nauwelijks geluid, tenzij hij op een "klankbord" wordt gezet. De circulatiepomp brengt de leidingen in trilling, maar er wordt weinig af-

gestraald totdat een groter vlak zoals een radiator in trilling wordt gebracht. Deze straalt dan niet alleen warmte af maar ook geluid.



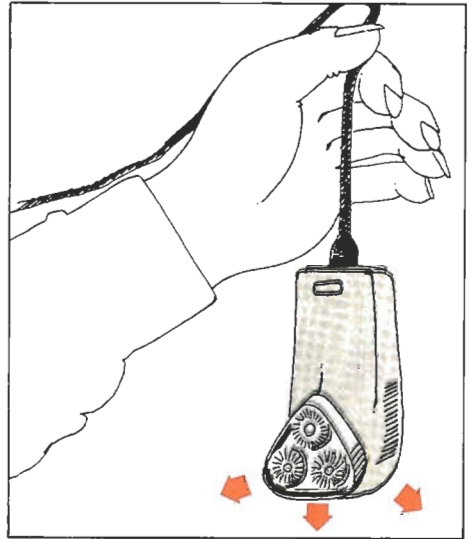
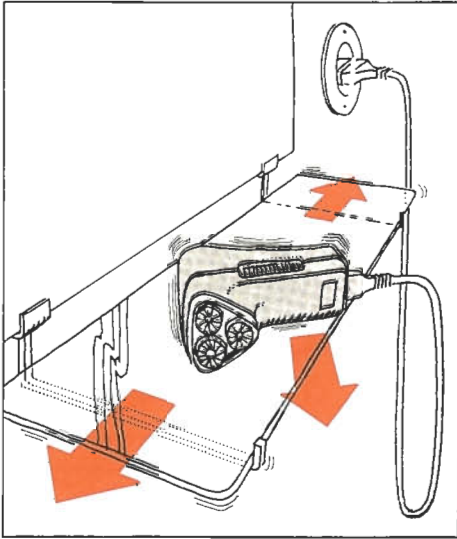
Voorbeeld

Contactgeluid in leidingen, trillingen van een circulatiepomp of stromingsgeluid van de vloeistof kunnen maar weinig luchtgeluid voortbrengen, omdat de leiding maar een kleine oppervlakte heeft. Door de leiding star aan de wand of het plafond te bevestigen wordt het luchtgeluidsniveau hoger, omdat de afstralende oppervlakte groter wordt.

Oplossing

De leidingen moeten zo worden bevestigd dat ze de muur of het plafond niet in trilling kunnen brengen. Dit kan met verschillende isolatoren worden gedaan, zoals veren, rubber strippen, neopreenringen enz.

Kleine trillende voorwerpen stralen minder geluid af dan grote voorwerpen



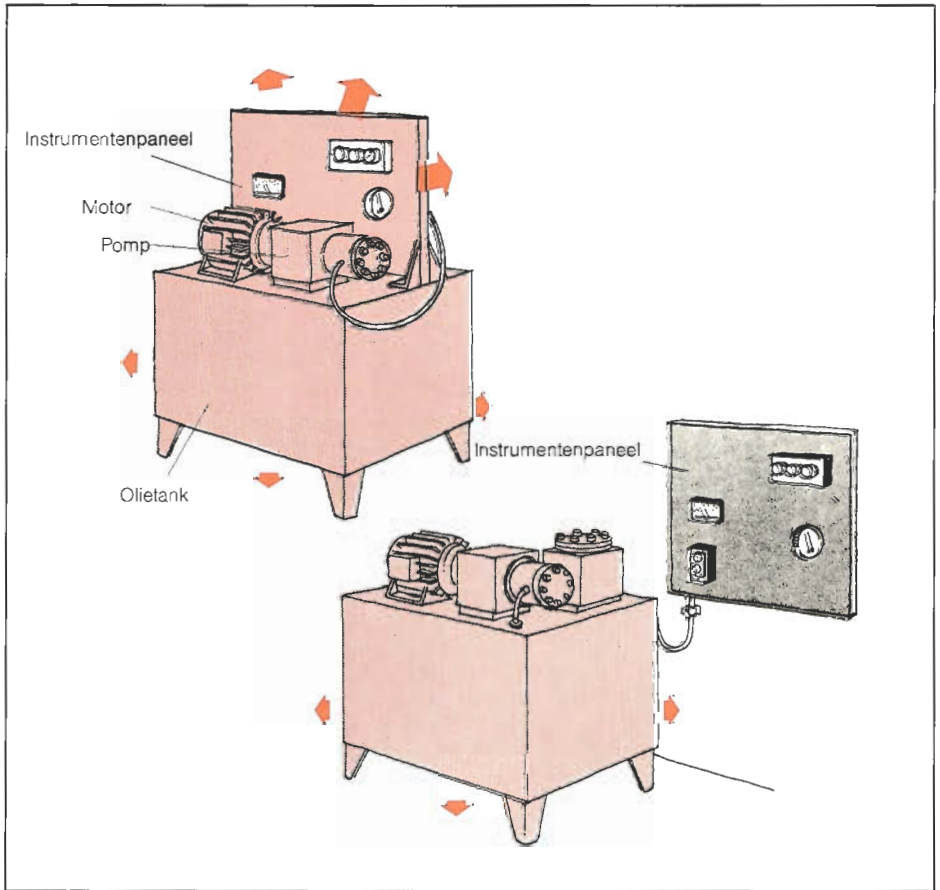
Een klein voorwerp kan trillen zonder een verhoging van het geluidsniveau te geven, omdat de kleine oppervlakte trillingen niet goed in geluid kan omzetten. Wordt het voorwerp in contact gebracht met een groter voorwerp, dan kunnen de trillingen beter worden omgezet in geluid.

Omdat de meeste machines in meer of mindere mate trillen, moeten de afmetingen van de beplatingen zo klein mogelijk worden gehouden.

Principe

De trillingen van het scheerapparaat worden doorgegeven aan de glasplaat die zelf ook gaat trillen, waardoor het geluid aanzienlijk wordt versterkt.

Wordt de bron, in dit geval het scheerapparaat, van de plaat verwijderd, dan wordt de trilling niet langer overgedragen en het lawaai blijft beperkt.



Voorbeeld

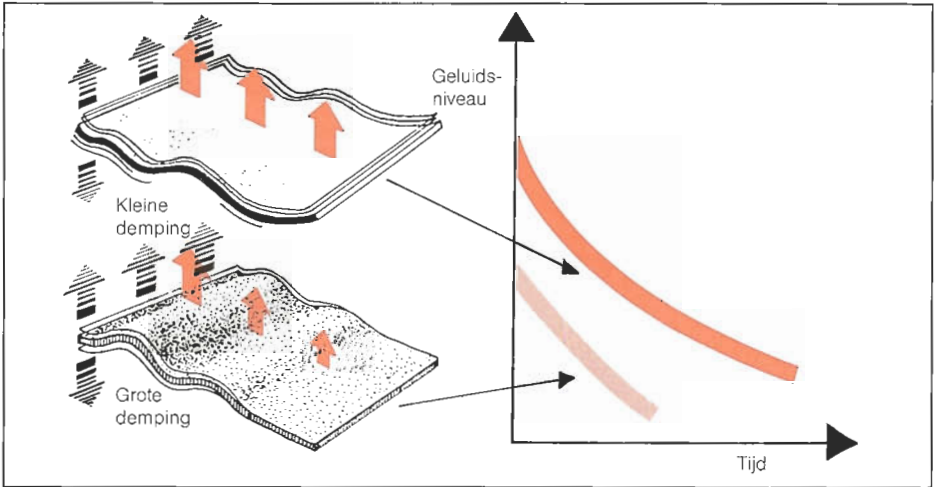
Door een hydraulisch toevoersysteem werd veel geluid afgestraald, hoewel de wanden van de tank werden gedempt door de olie. Ontdekt werd dat de belangrijkste bron werd gevormd door een door de motor in trillingen gebracht instrumentenpaneel.

Oplossing

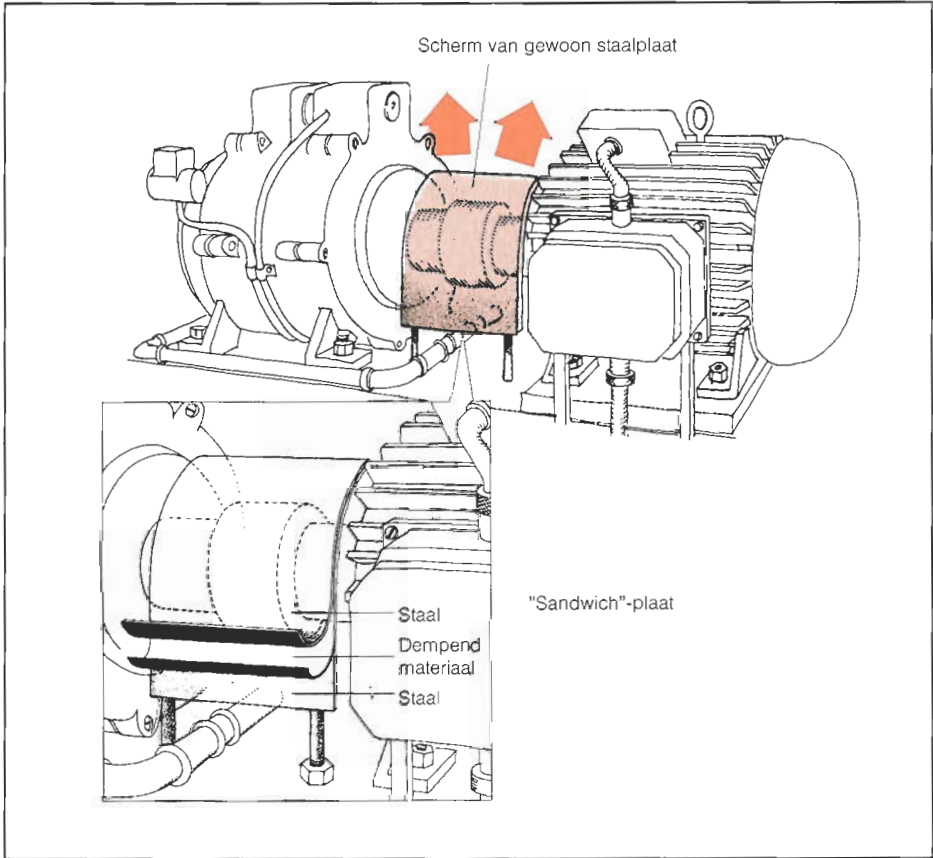
Door het instrumentenpaneel te ontkoppelen van de machine (geluidsbron en trillingsbron) werd het geluidsniveau verlaagd.

Gedempte vlakken stralen minder geluid af

Principe



Als een trilling zich door een plaat voortplant, wordt de intensiteit met de afstand weliswaar kleiner, maar in de meeste platen is de vermindering zeer gering. In zulke gevallen spreekt men van geringe inwendige demping. Zo is de inwendige demping van staal zeer klein. Goede demping – ook wel ontdreuning genoemd – kan worden bereikt door het aanbrengen van lagen met een veel hogere inwendige demping. Er bestaat ook plaatmateriaal waarbij de dempende laag zich tussen twee dunne lagen staalplaat bevindt, zogenaamde "sandwich-platen".



Voorbeeld

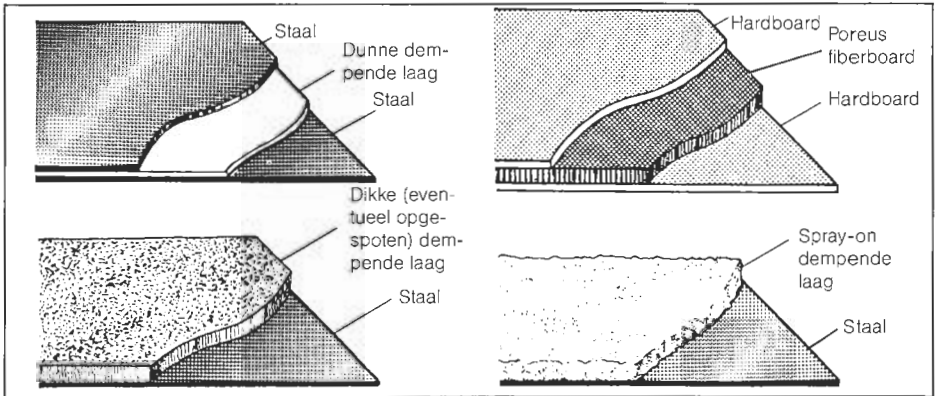
Schermen op motoren of pompen worden veelal in trilling gebracht en stralen dan vaak veel geluid af.

Oplossing

Door een scherm van gelaagd staalplaat met een hoge demping kan het lawaai aanzienlijk worden beperkt.

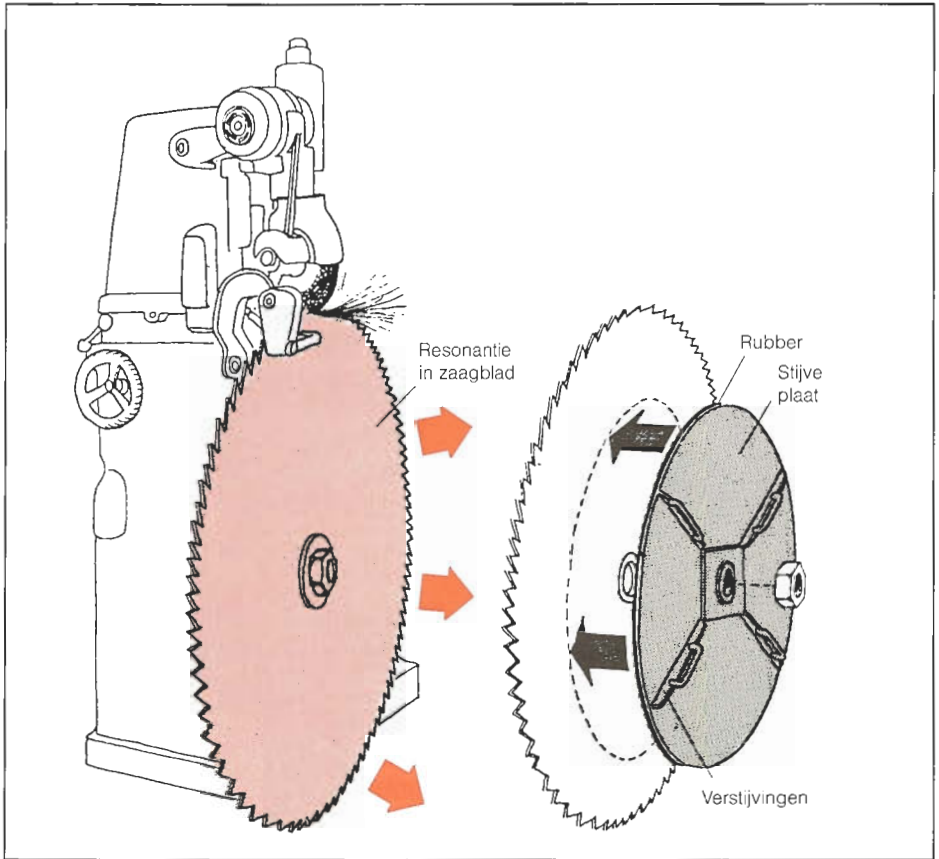
Resonanties vergroten de afstraling van geluid

Principe



Resonanties verhogen in grote mate de geluidsproductie van trillende panelen en platen.

Met relatief kleine oppervlakken van dempend materiaal kunnen resonantie-pieken reeds sterk worden verlaagd. Stukken ontdreuningsmateriaal die tijdelijk op een werkstuk zijn aangebracht werken erg effectief ter vermindering van het afgestralde geluid tijdens de bewerking.



Voorbeeld

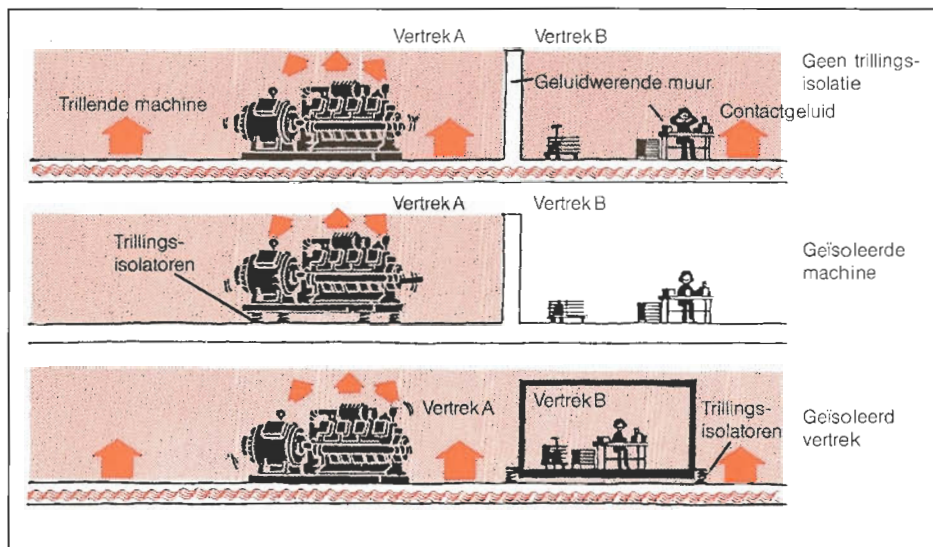
Het slijpen van zaagbladen veroorzaakt door resonanties een hoog geluidsniveau.

Oplossing

Door een met rubber beklede stijve metalen plaat met een zo groot mogelijke diameter op het zaagblad te klemmen wordt de resonantie gedempt.

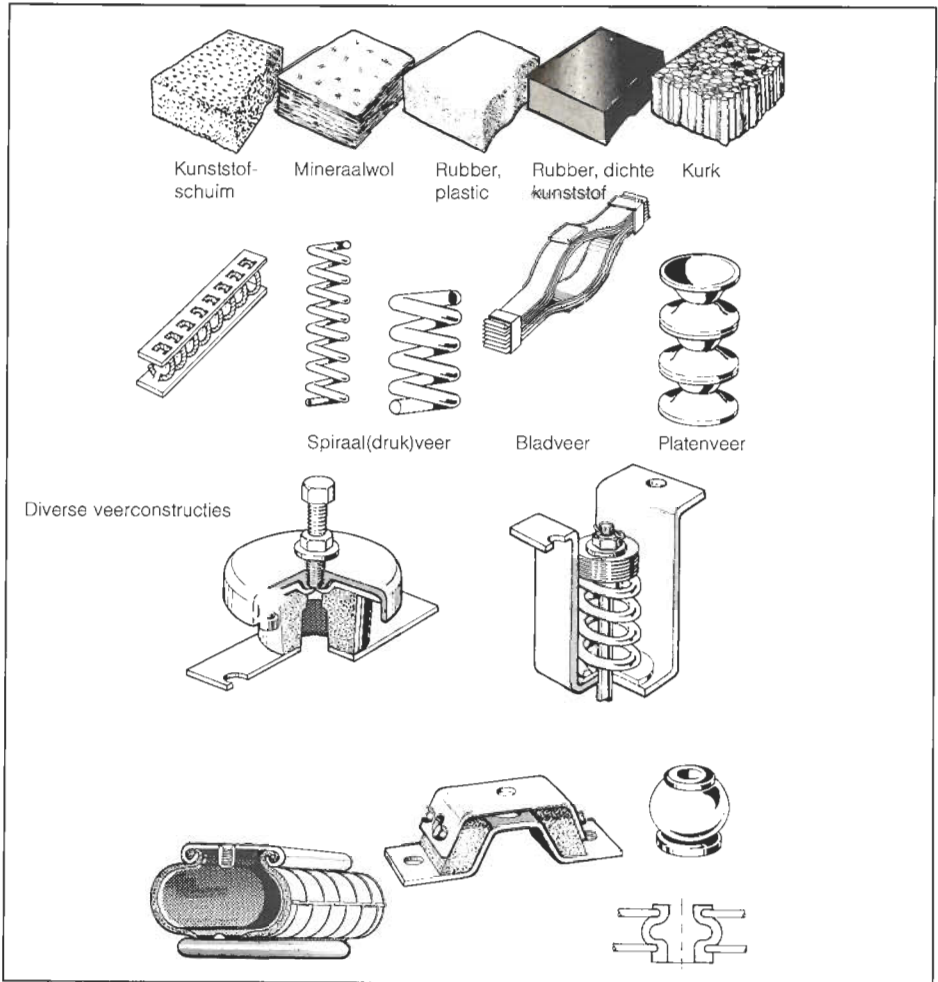
Flexibele bevestigingen isoleren trillingen

Principe



Bijna al het contactgeluid kan voorkomen of ten minste aanmerkelijk worden beperkt door de trillingsbronnen op veren (trillingsisolatoren) op te stellen. In sommige gevallen kan het nodig zijn de controlekamer ook verend op te stellen.

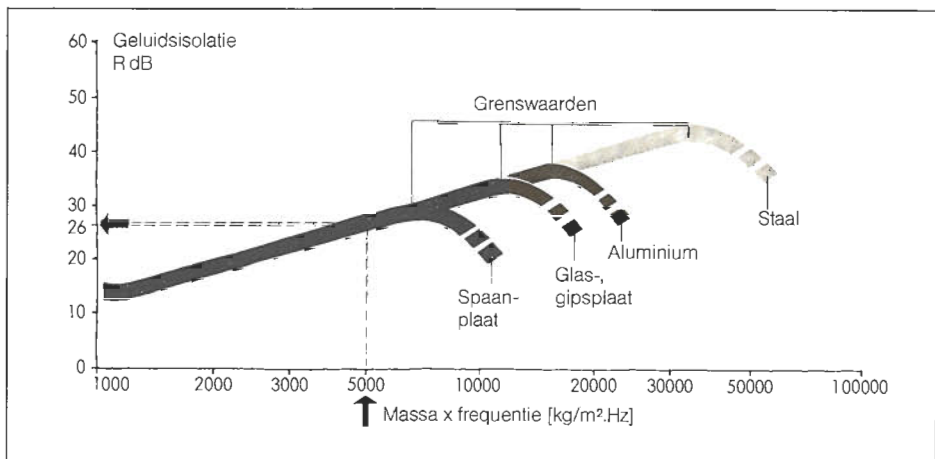
Het is aan te bevelen zo mogelijk de isolatoren zo dicht mogelijk bij de bron aan te brengen.



Voorbeeld

Mechanisch belaste veren (trillingdempers) zijn van diverse materialen en in verschillende vormen verkrijgbaar.

Isolatie van enkelvoudige wanden is afhankelijk van de massa



Als geluid op een wand valt, wordt de wand in trilling gebracht en wordt aan de andere kant geluid afgestraald. De sterkte van de afstraling is afhankelijk van de isolatie van de wand; deze wordt onder andere bepaald door de massa per m^2 en de frequentie.

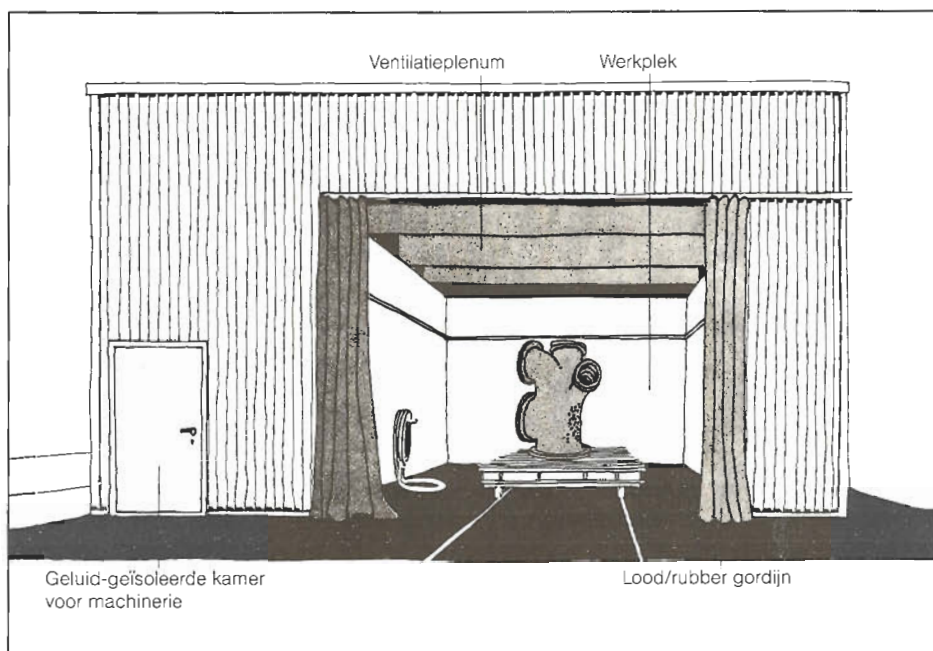
In het algemeen wordt de isolatie hoger naarmate frequentie en massa toenemen, totdat het punt wordt bereikt waar coincidentie optreedt.

Voorbeeld

De isolatie van sommige materialen kan globaal worden berekend met behulp van de bovenstaande grafiek.

Wat is de isolatie van de spaanplaat van 15 mm dik bij 500 Hz?

De massa van de plaat bedraagt 10 kg/m^2 , $10 \times 500 = 5000 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{Hz}$ → Isolatie = 26 dB



Voorbeeld

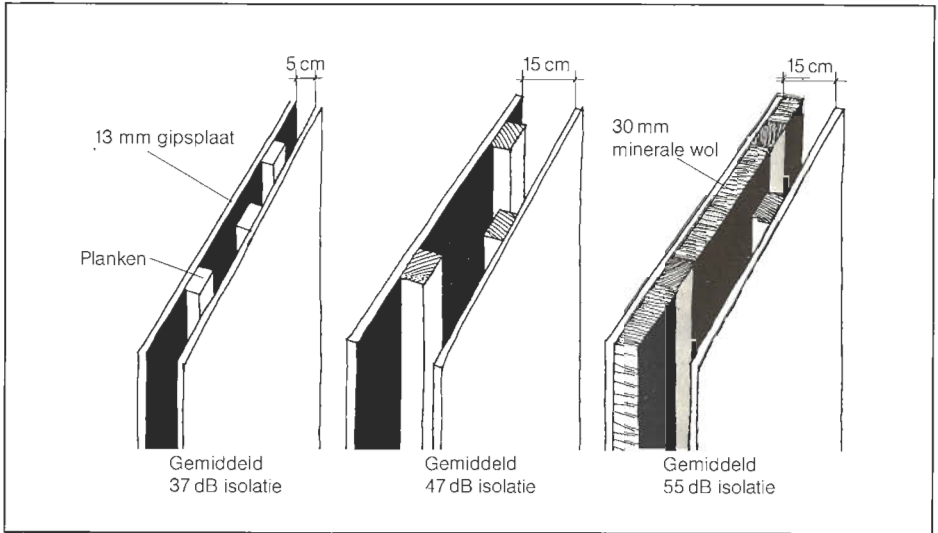
Een gritstraalsysteem is de belangrijkste geluidsbron in een werkplaats; deze wordt alleen door middel van dunne gordijnen van de rest van de werkplaats gescheiden.

Oplossing

Er kan een geluidgeïsoleerde machinekamer worden gebouwd en een gedeelte rond de werkplek kan worden afgescheiden. Toegang tot deze werkplek gaat via zware lood/rubber gordijnen die een hoge isolatie hebben, terwijl ze toch flexibel zijn en gemakkelijk te vouwen.

Dubbele lichte scheidingswanden hebben een hoge isolatie

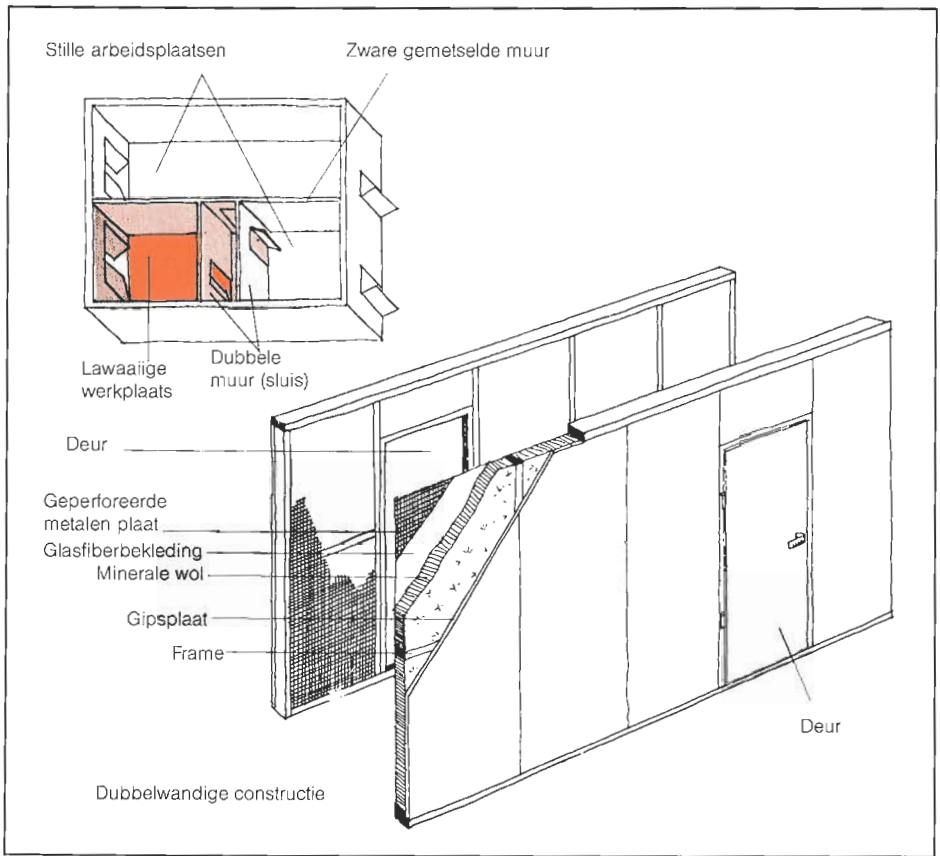
Principe



Twee lichte wanden die los van elkaar worden neergezet hebben een hogere isolatie dan wanneer de wanden worden gekoppeld. Door het vergroten van de spouw of door het inbrengen van absorberend materiaal kan de isolatie nog aanzienlijk worden verhoogd.

Koppelingen geven een isolatieverlaging. Daarom moeten er zo min mogelijk worden aangebracht en liefst nog alleen zeer elastische.

Er kunnen isolaties worden gehaald die met een enkelvoudige wand slechts te bereiken zijn als de massa 5- of 10-maal zo groot is.



Voorbeeld

In twee naast elkaar gelegen werkplaatsen bevinden zich machines die in beide ruimten een te hoog geluidsniveau veroorzaken.

Oplossing

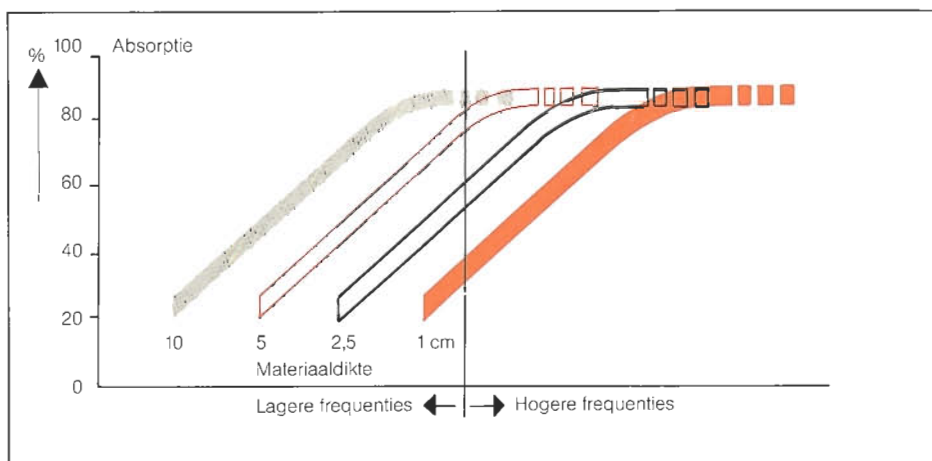
De machines worden bij elkaar opgesteld in één ruimte en afgeschermd door twee wanden die een geluidabsorberend beklede sluis vormen. De deuren worden schuin tegenover elkaar geplaatst om de sluis goed tot z'n recht te laten

komen, ook als één van de deuren wordt geopend.

Om met een enkelvoudige wand dezelfde isolatie te halen, zou deze als een zware metselwand of betonwand moeten worden uitgevoerd en zou een speciale, goed sluitende deur moeten worden aangebracht.

Dikke poreuze lagen absorberen hoge en lage tonen goed

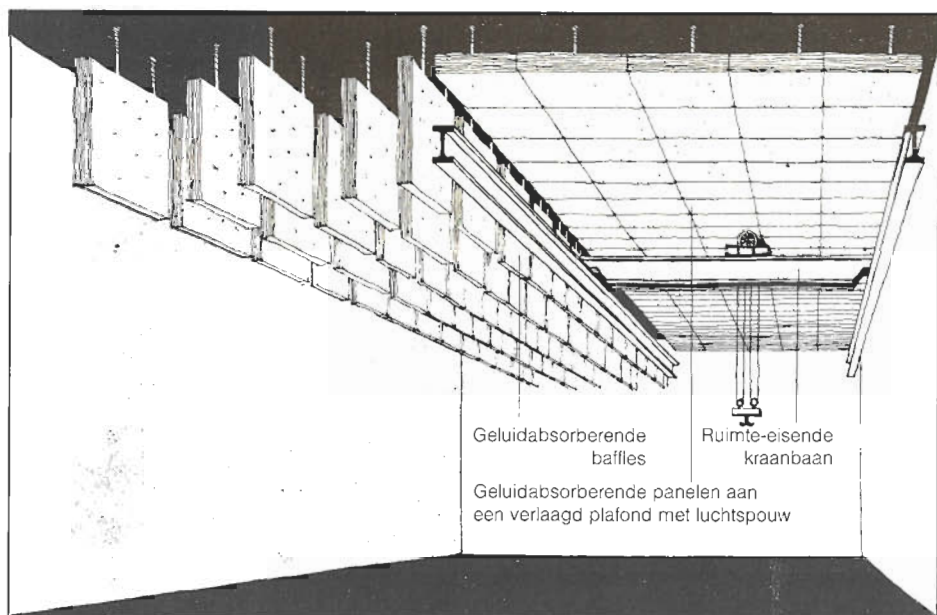
Principe



Dunne poreuze lagen kunnen alleen geluid van hoge frequentie absorberen, terwijl dikke lagen in een breed frequentiegebied met zowel hoge als lage tonen goed absorberen.

Om frequenties onder 100 Hz goed te absorberen is een zeer dikke laag nodig. Een alternatief is een dunne laag van het materiaal op een luchtspouw aan te brengen, bijvoorbeeld in de vorm van een verlaagd plafond.

Geschikte poreuze materialen zijn onder andere glaswol, steenwol, polyurethaanschuim (met open poriën), houtwolcementplaat en gesinterde metalen.



Voorbeeld

In een werkplaats wordt het geluidsniveau bepaald door lage frequenties, maar over het gehele frequentiegebied moet het niveau worden verlaagd. Waar dit mogelijk is, kunnen absorberende platen, zogenaamde baffles, worden opgehangen.

Baffles zijn erg effectief, omdat ze aan twee kanten het geluid absorberen.

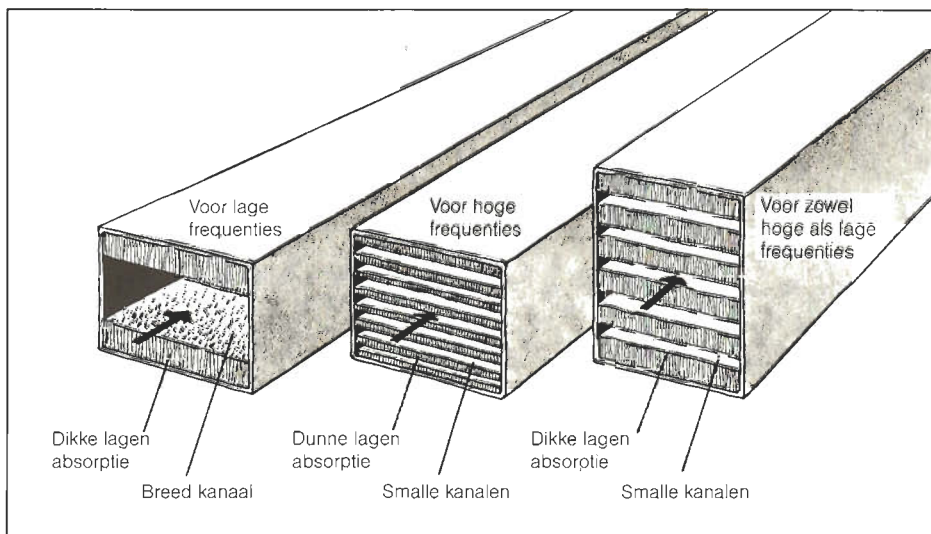
Op plaatsen waar in verband met het gebruik van de ruimte - zoals bij kraanbanen - baffles niet kunnen worden gebruikt, kan een verlaagd plafond worden aangebracht dat een goede absorptie in de lage frequenties geeft. Enigszins afhankelijk van de situatie kan een niveau-

verlaging van 3 à 5 dB(A) worden bereikt.

Een arbeidsplaats die zich dichtbij een geluidsbron bevindt heeft echter nauwelijks profijt van dit soort voorzieningen, omdat daar het geluid dat rechtstreeks van de bron komt, het gereflecteerde geluid veruit overstemt.

Absorptiedempers zijn in een breed frequentiegebied effectief

Principe



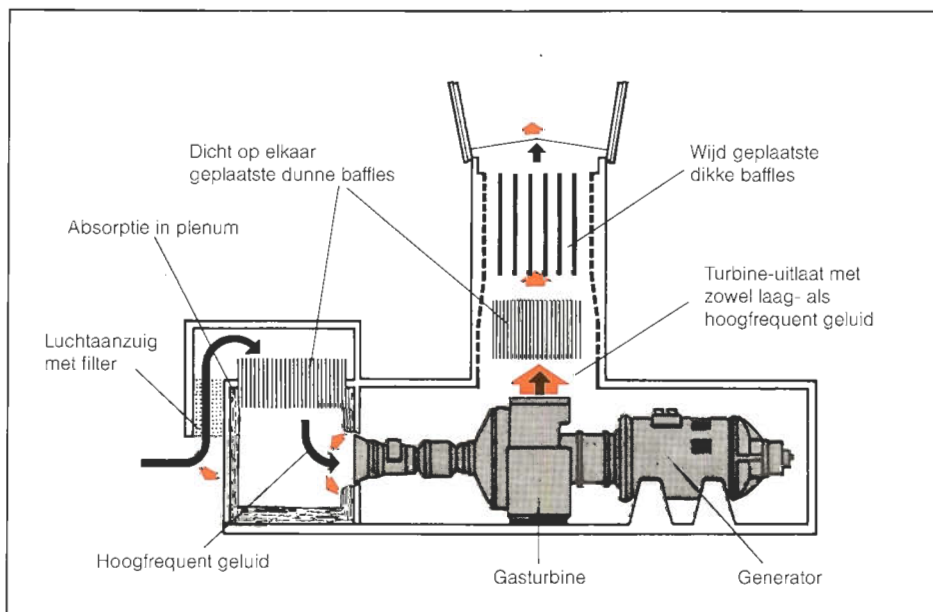
De eenvoudigste vorm van een absorptiedemper is een kanaal met absorberend materiaal tegen de wanden. Hoe dikker het materiaal, hoe beter lage frequenties worden geabsorbeerd.

Hoge tonen worden al goed gedempt door een brede laag, maar met een breed kanaal is het effect gering. Door toepassing van meer dunne lagen op enige afstand van elkaar worden de hoge tonen beter gedempt, dit zijn de zogenaamde splitter-geluid Dempers.

Voor een goede absorptie over een breed frequentiegebied zijn dikke lagen absorptiemateriaal en smalle openingen het beste. Bij het aanbrengen van absorberend materiaal moet rekening worden gehouden met het feit dat de netto doorsnede kleiner wordt; bij een gelijkblijvende volumestroom wordt de snelheid

groter, hetgeen meer turbulentie en geluidsproductie tot gevolg heeft. Het is daarom beter een grote buitenafmeting te kiezen, die met een verloopstuk aansluit op de kleinere kanaalsecties.

De dwarsdoorsnede mag vierkant of rechthoekig zijn als de beschikbare ruimte dit nodig maakt. De demping is evenredig met de lengte. Het is gunstig een lange demper op te delen in twee helften en deze zo mogelijk vóór en achter een bocht in het kanaal te plaatsen.

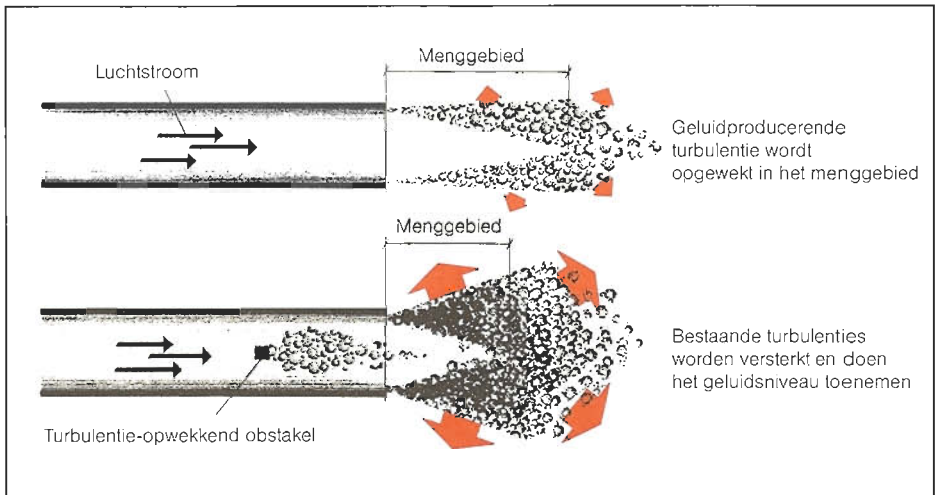


Voorbeeld

De door een gasturbine aangedreven standby-generatorsets worden vaak gebruikt voor zowel noodstroomvoorzieningen als om de normale energievoorziening aan te vullen in piekperiodes. Het kan noodzakelijk zijn om de set stiller te maken over een breed frequentiegebied. Vaak wordt hiervoor gebruik gemaakt van splitter-geluiddempers en bekleding op de wanden van het plenum aan de aan- en afvoerzijde.

Ongestoorde stroming veroorzaakt minder uitlaatgeluid

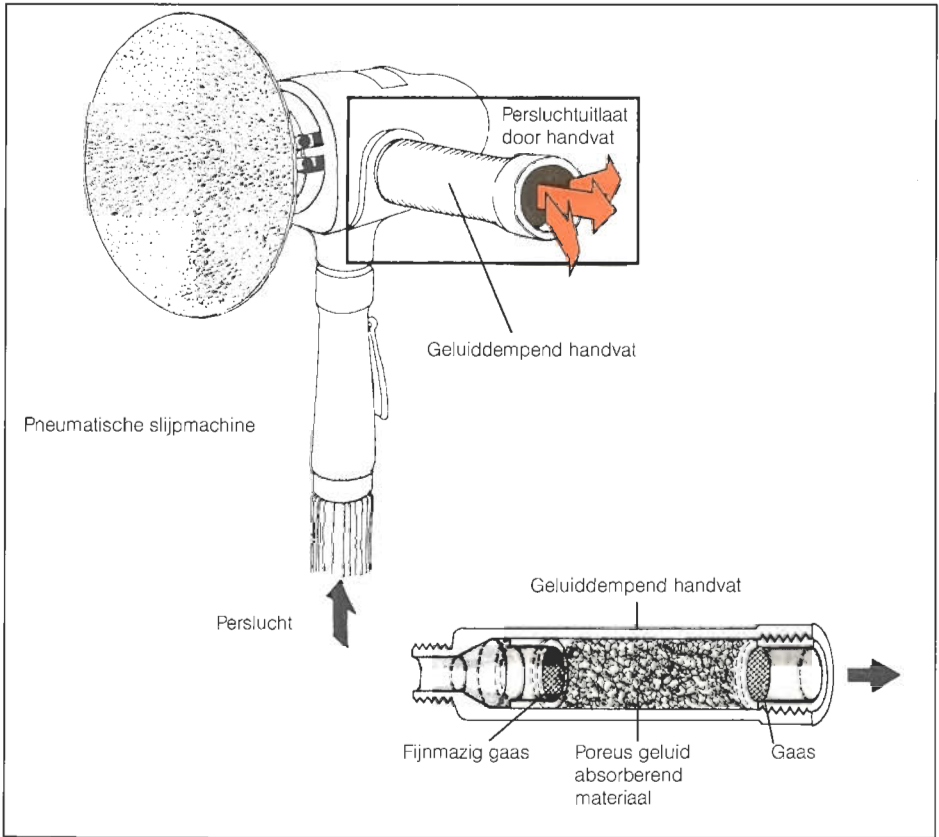
Principe



Als snelstromend gas of lucht zich vermengt met stilstaande lucht, ontstaat turbulentie, hetgeen geluid veroorzaakt.

Is er al sprake van turbulentie in de hoofdstroom, dan wordt het kegelvormige oppervlak waarlangs de hoofdstroom zich vermengt met de stilstaande lucht kleiner en wordt meer turbulentie en daarmee meer geluid opgewekt.

In sommige gevallen kan daardoor het geluidrukniveau wel 20 dB hoger worden. Verlaging van de snelheid geeft ook een niveauverlaging; bij halvering van de snelheid daalt het niveau met ongeveer 15 dB.



Voorbeeld

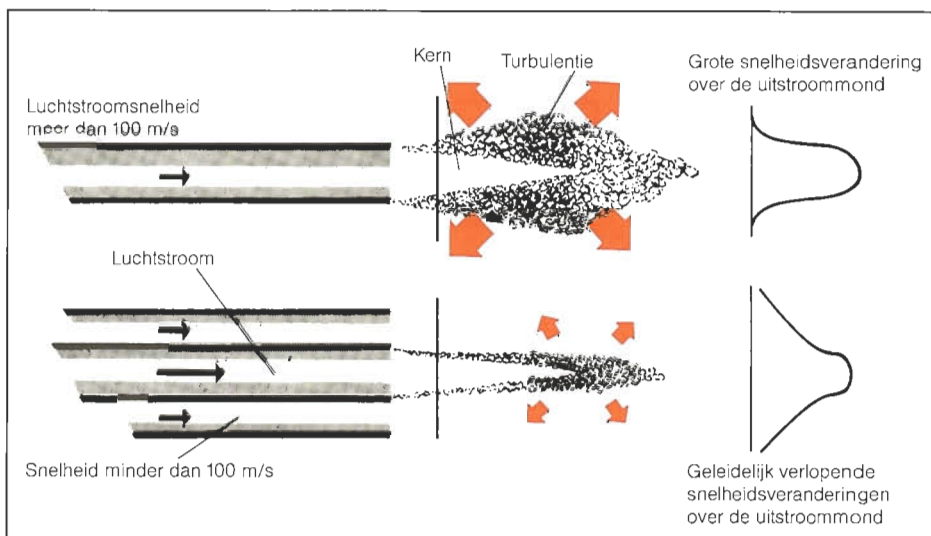
De uitlaatlucht van een door perslucht aangedreven schuurtol veroorzaakt een hoog geluidsniveau. De lucht die bij het verlaten van de "motor" al erg turbulent is, wordt door het handvat dat als uitlaat dienst doet, afgevoerd. Het turbulentiegeluid wordt nog versterkt bij het vermengen van de uitstromende lucht met de buitenlucht.

Oplossing

Het handvat kan worden vervangen door een ander type, waarin een stuk staalwol is aangebracht dat door gaasringen op z'n plaats wordt gehouden. Door de lucht door het poreuze materiaal te voeren wordt de turbulentie en daarmee de geluidsproductie sterk verminderd.

Turbulentiegeduid kan worden beperkt door extra luchtstroom

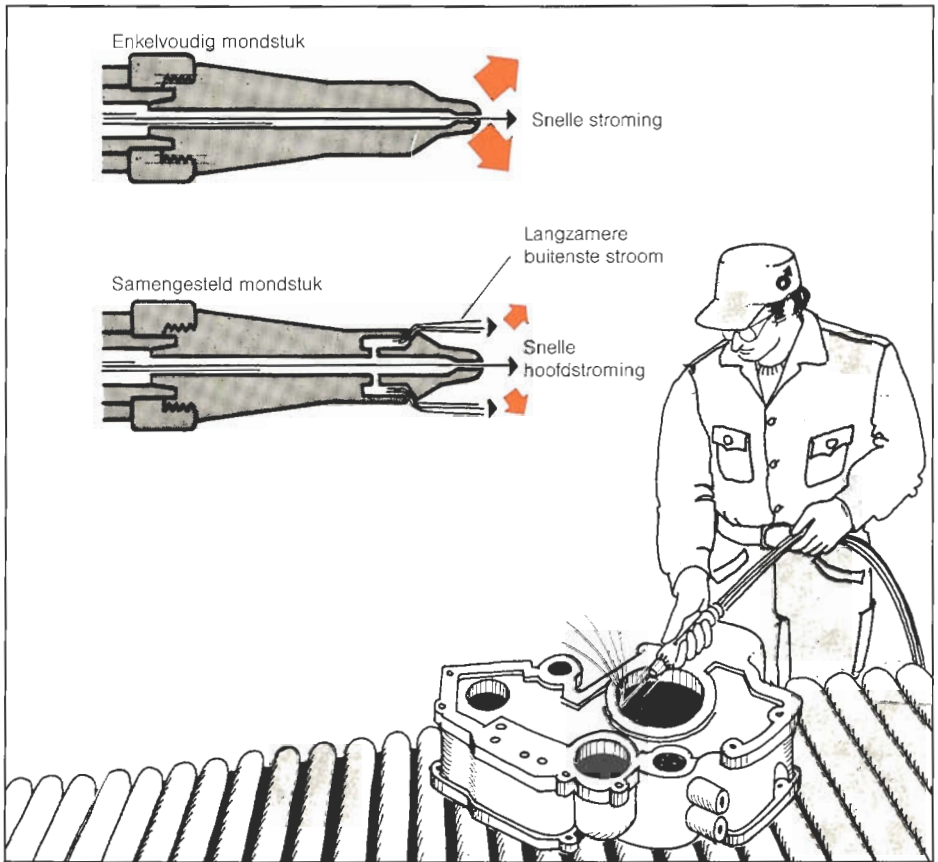
Principe



Bij luchtsnelheden boven ongeveer 100 m/s ontstaat turbulentiegeduid. De turbulentie voor de uitlaat is hevig.

In deze omstandigheden geeft een halvering van de uitstroomsnelheid een vermindering van het geluidsdrukniveau van ca. 20 dB. De sterkte van de turbulentie wordt bepaald door de uitstroomsnelheid ten opzichte van de snelheid van de omringende lucht.

Het geluidsniveau kan vaak belangrijk worden verlaagd door een extra luchtstroom rondom de jet met een lagere snelheid te creëren, zodat het snelheidsprofiel minder snel verloopt.



Voorbeeld

Voor het schoonblazen van werkstukken wordt vaak perslucht gebruikt. Het mondstuk van de spuit is veelal voorzien van één opening. De hoge luchtsnelheid die voor deze werkzaamheden nodig is, veroorzaakt vaak hoogfrequent geluid van hoog niveau.

Oplissing

Het mondstuk kan worden vervangen door een mondstuk waarin enkele kleinere gaten zijn gemaakt waardoor om de hoofdstroom heen enkele stralen met een lagere snelheid worden uitgeblazen. De overgang van de snelle hoofdstroom naar de stilstaande omringende lucht verloopt nu geleidelijker en het geluidsniveau wordt aanzienlijk verlaagd.



Gemeenschappelijk Administratiekantoor (GAK)
Advisering Bedrijfsveiligheid
Postbus 8300, 1005 CA Amsterdam, Telefoon 020-5 42 21 57
Bezoekadres: Prof. E.M. Meijerslaan 10, 1183 AV Amstelveen